



А.П. БОРОДИН

Электрическое оборудование тепловозов





А.П. БОРОДИН

Электрическое оборудование тепловозов

**Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому
образованию в качестве учебника
для средних профессионально-
технических училищ**



МОСКВА "ТРАНСПЕД" 1988

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бородин А. П. Электрическое оборудование тепловозов: Учебник для средних ПТУ. — М.: Транспорт, 1988. — 287 с.

Описаны техническая характеристика, принцип работы и устройство электрических аппаратов, полупроводниковых приборов, тяговых генераторов, тяговых электродвигателей, выпрямительной установки, вспомогательных машин переменного и постоянного тока. Рассмотрены электрические схемы тепловозов 2ТЭ10М, 2ТЭ116 и ТЭМ2.

Для учащихся средних ПТУ, готовящих помощников машинистов, машинистов и слесарей по ремонту электрооборудования тепловозов.

Учебник может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

Ил. 151, табл. 38, библиогр. 12 назв.

Рецензенты: В. А. Кошевой, А. С. Орлов

Заведующий редакцией В. К. Терехов

Редактор В. К. Тихонычева

Для оценки эксплуатационных качеств локомотива важнейшее значение имеет тяговая характеристика, которая представляет зависимость силы тяги F_k от скорости v . Наибольшее значение силы тяги требуется от локомотива при трогании с места и разгоне поезда, а также при движении по наиболее крутым подъемам. При движении поезда по участкам с переменным профилем пути малым скоростям движения должна соответствовать большая сила тяги, а большим скоростям — меньшая сила тяги. Этому условию удовлетворяет в идеальном случае зависимость $F_k = (v)$, изменяющаяся по закону гиперболы. При таком характере изменения силы тяги от скорости обеспечивается полное использование мощности локомотива в широком диапазоне скоростей движения. Это особенно важно для автономных локомотивов, несущих на себе первичный генератор энергии. В этом случае этот генератор энергии используется на полную мощность при всех режимах работы локомотива.

Кроме того, тяговая характеристика в виде гиперболы автоматически поддерживает данный режим работы локомотива: стоит только случайно увеличиться сопротивлению движения, сейчас же упадет скорость, но при этом возрастет сила тяги, которая пойдет на преодоление случайного сопротивления, и скорость снова увеличится до прежнего значения.

Если вал дизеля соединить с движущимися осями, то такая конструкция тепловоза не обеспечивает запуска дизеля и его работы на холостом ходу. В то же время известно, что дизель можно нагружать только при частоте вращения коленчатого вала не ниже $1/3$ номинальной частоты вращения.

Следовательно, для получения требуемой тяговой характеристики необходимо между дизелем и колесными парами тепловоза устанавливать специальное устройство, предназначенное для передачи мощности с коленчатого вала дизеля к колесным парам, называемое *передачей*. Передача должна обеспечивать пуск дизеля и работу его на холостом ходу, полное использование мощности дизеля при номинальном режиме и частичных нагрузках в широком диапазоне скоростей движения тепловоза, плавное трогание, изменение направления движения, изменение силы тяги при изменении скорости движения, а также сохранение наиболее выгоднейшего режима работы дизеля при изменении профиля пути, преобразовывать постоянные значения вращающего момента на валу дизеля в переменные на выходном валу передачи. Кроме

того, передача должна иметь высокую надежность, высокий к. п. д. на всех режимах работы тепловоза, минимальные массу и стоимость, обеспечивать простоту обслуживания и ремонта.

В зависимости от способа передачи энергии от дизеля к движущим осям существуют три типа передач мощности: механическая, гидравлическая и электрическая.

Механические передачи отличаются относительной простотой конструкции, малой удельной массой, высоким к. п. д. С увеличением передаваемой мощности возникают серьезные трудности в изготовлении передач, связанные с отводом тепла от муфт сцепления при трогании с места и разгоне поезда, с увеличением толчков в поезде из-за резкого изменения силы тяги при переключении ступеней скорости, с обеспечением прочности элементов, снижением надежности работы деталей передачи. Кроме того, при механической передаче невозможно обеспечить полное использование мощности силовой установки в широком диапазоне скоростей движения, что для мощных локомотивов имеет первостепенное значение. Опыт отечественного и зарубежного локомотивостроения установлена целесообразность применения механических передач при мощностях, не превышающих 220 кВт. Область работы их ограничена автомотрисами и дизель-поездами малой мощности с небольшим количеством вагонов.

Гидравлические передачи отличаются низкой удельной массой и компактностью, позволяют сократить расход цветных металлов, уменьшить расход черного металла. Гидравлическая передача может быть выполнена для любых мощностей, но при повышении передаваемой мощности увеличиваются трудности выполнения карданных валов между коробками передач и осевыми редукторами, ухудшаются условия их работы. При длительном разгоне тяжеловесных поездов, а также на крутых затяжных подъемах возникают большие потери в гидротрансформаторе. Существенным недостатком гидравлических передач является то, что при одинаковых условиях эксплуатации и конструкции дизелей тепловозы с гидропередачей расходуют топлива на 4—6% больше по сравнению с тепловозами, оборудованными электрической передачей. Гидравлические передачи принято использовать для тепловозов малой и средней мощности, выполняющих маневровую и легкую поездную работу. На советских железных дорогах область применения гидравлических передач ограничена маневровыми локомотивами малой (220—370 кВт) и средней (550—880 кВт) мощности. Опыт эксплуатации построенных ранее магистральных тепловозов с гидравлической передачей не дал положительных результатов.

Несмотря на высокую стоимость, значительную массу, потребление большого количества дефицитных материалов, наибольшее распространение в мире получили тепловозы с *электрической передачей*. Широкое распространение электрической передачи объясняется тем, что она по многим показателям наиболее эффективна: обеспечивает высокий к. п. д. тепловоза и надежность в эксплуа-

тации, большие межремонтные пробеги, полное использование мощности дизеля в широком диапазоне скоростей движения. На тепловозах применяют *электрические передачи постоянного, постоянно-переменного и переменного тока*. В основе этих передач лежит один принцип действия. Коленчатый вал дизеля вращает якорь тягового генератора. Вырабатываемая генератором электрическая энергия используется для питания тяговых электродвигателей, расположенных на колесных парах или раме тележки. Кроме тяговых электрических машин, имеются вспомогательные машины и аппараты, объединенные в электрическую цепь.

Контрольные вопросы

1. Назначение передачи мощности.
2. Требования, предъявляемые к передачам мощности.
3. Преимущества и недостатки механической и гидравлической передач.

1.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ПОСТОЯННОГО ТОКА

На тепловозах, оборудованных передачей постоянного тока, для получения гиперболической тяговой характеристики применяют системы автоматического регулирования возбуждения тягового генератора, использующие электрические машины или магнитные усилители.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 и ТЭМ2 применена машинная система автоматического регулирования возбуждения тягового генератора, где используется возбудитель с продольно (аксиально) расщепленными полюсами.

Каждый из четырех главных полюсов возбудителя имеет сердечник, набранный из листов электротехнической стали и разделенный по длине латунной прокладкой на две части: ненасыщенную и насыщенную. На сердечнике укреплены две катушки. Катушка обмотки параллельного возбуждения охватывает обе части сердечника. Катушка дифференциальной обмотки охватывает только насыщенную часть сердечника. Обмотка параллельного возбуждения *Ш1—Ш2* (рис. 1) питается как от вспомогательного генератора *ВГ*, так и от возбудителя *В*. Основная часть тока поступает в эту обмотку от вспомогательного генератора, напряжение которого поддерживается регулятором напряжения постоянным, поэтому магнитный поток, создаваемый обмоткой параллельного возбуждения на фиксированной позиции контроллера, будет изменяться незначительно.

Дифференциальная обмотка *О1—О2* возбудителя соединена последовательно с обмоткой добавочных полюсов тягового генератора, т. е. по ней протекает весь ток нагрузки. Направление тока в дифференциальной обмотке не совпадает по направлению с током в обмотке параллельного возбуждения, а поэтому маг-

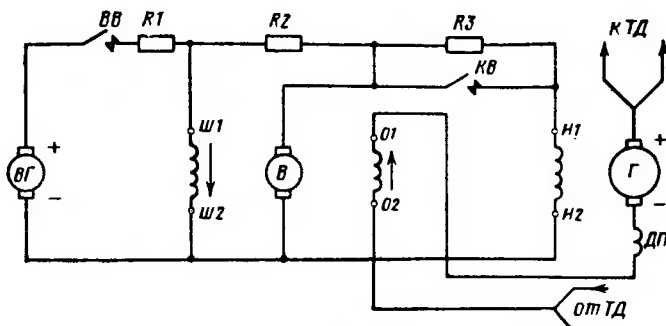


Рис. 1. Схема возбуждения тягового генератора тепловоза ТЭМ2:

Г — тяговый генератор; Н1—Н2 — независимая обмотка возбуждения тягового генератора; ДП — обмотка добавочных полюсов тягового генератора; В — возбудитель; О1—О2 — дифференциальная обмотка возбуждения возбудителя; Ш1—Ш2 — параллельная обмотка возбуждения возбудителя; ВВ — главные контакты контактора возбуждения возбудителя; КВ — главные контакты контактора возбуждения тягового генератора; КТД — вспомогательный генератор; R1, R2, R3 — резисторы

нитный поток дифференциальной обмотки направлен встречно магнитному потоку обмотки параллельного возбуждения. Результирующий магнитный поток, создаваемый насыщенной частью полюса, будет изменяться в широких пределах при изменении тока нагрузки.

Таким образом, в якорной обмотке возбудителя с расщепленными полюсами наводятся две электродвижущие силы (э. д. с.) — E_1 (за счет магнитного потока, создаваемого ненасыщенной частью полюса) и E_2 (за счет магнитного потока, создаваемого насыщенной частью полюса). Общая э. д. с. E возбудителя определяется алгебраической суммой э. д. с. E_1 и E_2 .

Рассмотрим работу системы автоматического регулирования с возбудителем с продольно расщепленными полюсами. На любой позиции контроллера машиниста частота вращения вала дизеля постоянна, а поэтому и частота вращения вала якоря возбудителя постоянна, следовательно, э. д. с. возбудителя, равная $E = c\Phi n$, будет определяться только магнитным потоком. Если при движении поезда увеличилось сопротивление (увеличился подъем или началось вписывание в кривую), то это приведет к увеличению тока тяговых электродвигателей. Увеличение тока нагрузки увеличит ток дифференциальной обмотки, что вызовет уменьшение результирующего магнитного потока от насыщенной части полюса. Следовательно, уменьшится э. д. с. E_2 , а это приведет к уменьшению общей э. д. с. E возбудителя. Уменьшение общей э. д. с. E возбудителя уменьшит ток в независимой обмотке Н1—Н2 тягового генератора, а это в свою очередь приведет к снижению напряжения на зажимах тягового генератора. Таким образом, при увеличении тока нагрузки происходит соответствующее снижение напряжения тягового генератора, а мощность тягового генератора остается примерно постоянной.

Дальнейшее возрастание тока нагрузки может привести к такому моменту, что магнитные потоки от обеих обмоток могут стать одинаковыми, а результирующий поток будет равен нулю, тогда э. д. с. E_2 будет также равна нулю. В этом случае общая э. д. с. E возбудителя будет определяться э. д. с. E_1 . Это приведет к новому уменьшению напряжения на зажимах тягового генератора. Причем уменьшение напряжения будет пропорционально увеличению тока нагрузки. При дальнейшем увеличении тока нагрузки результирующий магнитный поток от насыщенной части полюса изменит направление, что вызовет изменение направления э. д. с. E_2 и дальнейшее уменьшение общей э. д. с. E возбудителя, а это приведет к дальнейшему уменьшению напряжения на зажимах тягового генератора.

При снижении нагрузки размагничивающее действие дифференциальной обмотки уменьшается, напряжение возбудителя растет, увеличивается ток возбуждения тягового генератора, повышается напряжение на зажимах, причем увеличение напряжения тягового генератора будет пропорционально уменьшению тока нагрузки.

На рис. 2 показана предельная внешняя характеристика тягового генератора, соответствующая 8-й позиции контроллера машиниста. Она состоит из трех участков. Участок 1—2 — зона ограничения мощности тягового генератора по току (в этой зоне происходит разгон тепловоза после трогания). Участок 2—3 благодаря возбудителю имеет гиперболическую форму. На этом участке мощность тягового генератора постоянна и полностью используется мощность дизеля. Участок 3—4 характеризует ограничение мощности по напряжению.

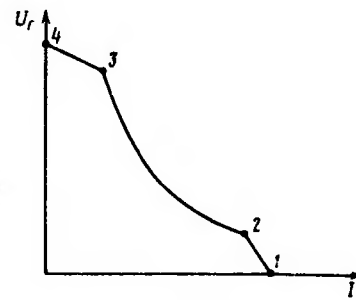
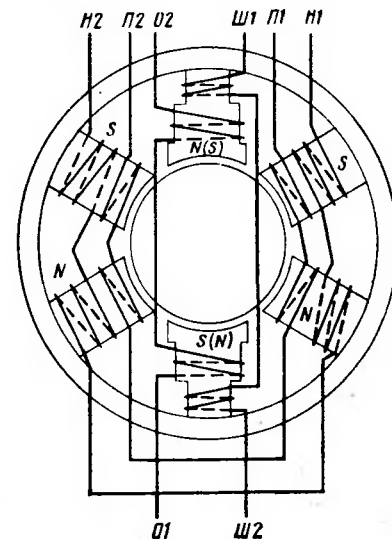


Рис. 2. Внешняя характеристика тягового генератора тепловоза ТЭМ2

Рис. 3. Схема соединения обмоток полюсов возбудителя с поперечным расщеплением полюсов:

Н1—Н2 — независимая обмотка возбуждения; О1—О2 — дифференциальная обмотка возбуждения; Ш1—Ш2 — параллельная обмотка возбуждения; П1—П2 — обмотка последовательного возбуждения; N — северный полюс; S — южный полюс



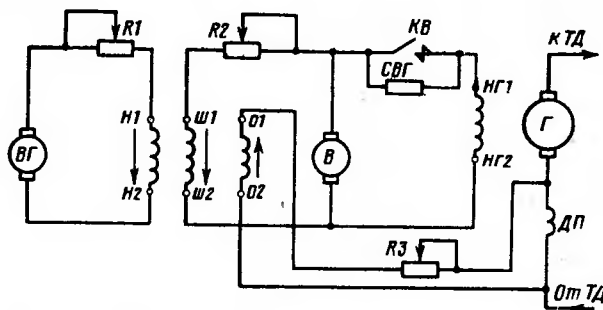


Рис. 4. Упрощенная схема возбуждения тягового генератора тепловоза ТЭЗ: Г — тяговый генератор; ДП — обмотка добавочных полюсов тягового генератора; НГ1 — НГ2 — обмотка независимого возбуждения тягового генератора; В — возбудитель; Н1—Н2 — независимая обмотка возбуждения возбудителя; О1—О2 — дифференциальная обмотка возбуждения возбудителя; Ш1—Ш2 — шунтовая обмотка возбуждения возбудителя; КВ — главные контакты контактора возбуждения тягового генератора; ВГ — вспомогательный генератор; СВГ, R1, R2, R3 — резисторы

На тепловозах ТЭЗ применен возбудитель с поперечным (радиальным) расщеплением полюсов (рис. 3). Возбудитель имеет шесть полюсов, четыре из которых имеют слабое магнитное насыщение, а два за счет уменьшения площади сечения в верхней части сердечника при некоторых режимах получают значительное насыщение.

На насыщенных полюсах расположены обмотки параллельного возбуждения Ш1—Ш2 и дифференциальная О1—О2, магнитные потоки которых направлены встречно.

Обмотка параллельного возбуждения (рис. 4) через резистор R2 подключена на напряжение возбудителя, а дифференциальная с добавочным резистором R3 подсоединена параллельно обмотке добавочных полюсов ДП тягового генератора. Ток дифференциальной обмотки устанавливается равным $1/30—1/50$ тока нагрузки тягового генератора. На ненасыщенных полюсах находится обмотка независимого возбуждения Н1—Н2, которая питается от вспомогательного генератора ВГ, напряжение которого поддерживается постоянным. Магнитный поток, создаваемый этой обмоткой, не зависит от тока нагрузки. Кроме независимой обмотки, на ненасыщенных полюсах расположены последовательная, ограничительная и регулировочная обмотки. Магнитный поток последовательной обмотки совпадает по направлению с магнитным потоком независимой и компенсирует размагничивающее действие реакции якоря.

Магнитный поток ограничительной обмотки направлен против магнитного потока независимой и под действием узла автоматического регулирования тока АРТ ограничивает максимальный пусковой ток.

Магнитный поток регулировочной обмотки совпадает по направлению с магнитным потоком независимой и под действием узла автоматического регулирования мощности АРМ на 16-й по-

зиции контроллера машиниста подмагничивает возбудитель с целью более полного использования мощности дизеля.

Практически можно считать, что магнитные потоки ненасыщенных и насыщенных полюсов не зависят друг от друга, т. е. магнитная система возбудителя состоит из двух самостоятельных систем потоков. При малых токах тягового генератора направление магнитного потока насыщенных полюсов определяется потоком параллельной обмотки возбуждения. Полярность полюсов возбудителя в этом случае будет такой, как у обычных генераторов постоянного тока (рис. 5, а), т. е. после полюса N идет полюс S, далее снова N и т. д. Якорь возбудителя имеет волновую обмотку, поэтому э. д. с., наводимая в проводниках секций, определяется суммой э. д. с., индуцируемой в проводниках всеми шестью полюсами. При увеличении тока тягового генератора магнитный поток дифференциальной обмотки увеличивается, что приводит к уменьшению результирующего магнитного потока насыщенных полюсов. Уменьшение магнитного потока насыщенных полюсов вызывает уменьшение э. д. с., индуцируемой от этих полюсов, а это приводит к уменьшению э. д. с. возбудителя и в конечном счете уменьшает ток возбуждения тягового генератора. Снижение тока возбуждения тягового генератора вызывает снижение напряжения на его зажимах. Таким образом, возбудитель обеспечивает при увеличении тока нагрузки пропорциональное уменьшение напряжения тягового генератора. При дальнейшем увеличении тока нагрузки магнитный поток дифференциальной обмотки станет больше магнитного потока шунтовой, в результате э. д. с., индуцируемая в секциях якоря от насыщенных полюсов, изменит направление, что приведет к новому уменьшению э. д. с. возбудителя, возбудитель при этом можно рассматривать как двухполюсный генератор с разделением каждого полюса (рис. 5, б) в поперечной плоскости (по дуге полюсного деления) на три части.

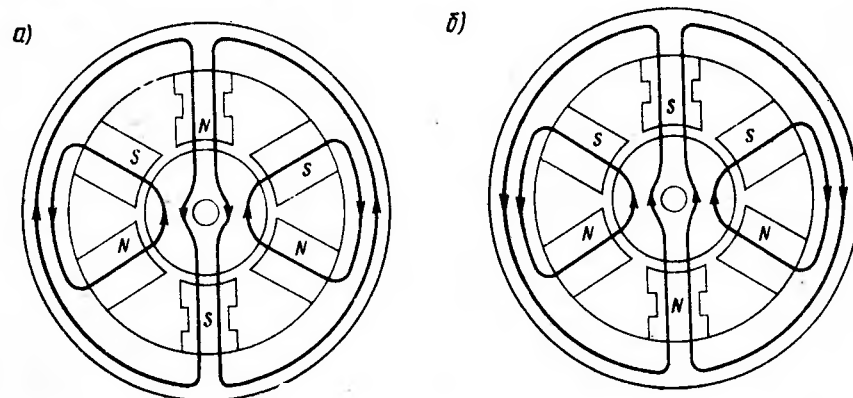


Рис. 5. Схема распределения магнитного потока возбудителя:

а — при малых токах тягового генератора; б — при больших токах тягового генератора

Уменьшение э. д. с. возбудителя вызовет уменьшение тока возбуждения тягового генератора, а это приведет к уменьшению напряжения на зажимах тягового генератора. Снижение напряжения на зажимах тягового генератора будет пропорционально увеличению тока нагрузки, т. е. во всем диапазоне регулирования мощность тягового генератора будет поддерживаться постоянной, внешняя характеристика тягового генератора будет иметь такой же вид, как и на рис. 2.

Гиперболическая внешняя характеристика, получаемая при помощи возбудителей с расщепленными полюсами, не обеспечивает достаточно полного использования мощности дизеля вследствие явления гистерезиса электрических машин, измененный ток возбуждения тягового генератора при нагреве его обмотки возбуждения. Так, у тепловоза ТЭ3 колебания мощности из-за гистерезиса достигают 100—150 кВт. В процессе работы ток возбуждения тягового генератора, поступающий от возбудителя с расщепленными полюсами, изменяется в зависимости от температуры обмотки возбуждения. Изменение температуры и, следовательно, сопротивления обмотки возбуждения генератора вызывает смещение его внешней характеристики. Для тягового генератора МПТ-99/47 изменение температуры на 1°C приводит к изменению мощности примерно на 2 кВт, для тягового генератора МПТ-84/39 — примерно на 1 кВт.

Указанных недостатков не имеют передачи, у которых в цепи возбуждения возбудителя используются *магнитные усилители (амплистаты)*. Такие передачи применены на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 3ТЭ10М, ТЭП60, М62, 2М62. У этих тепловозов напряжение тягового генератора устанавливается системой регулирования, основными элементами которой являются возбудитель

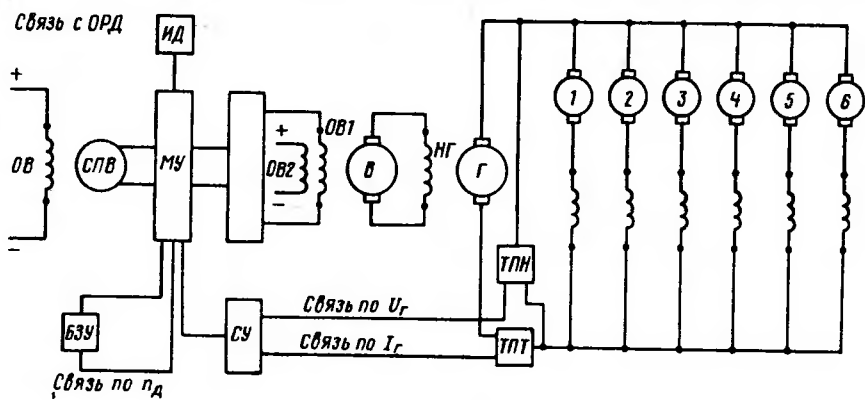


Рис. 6. Схема регулирования электрической передачи с магнитным усилителем: СВЗУ — синхронный подвозбудитель; МУ — магнитный усилитель; В — возбудитель; Г — тяговый генератор; ТПТ — трансформатор постоянного тока; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; 1—6 — тяговые электродвигатели; ИД — индуктивный датчик; ОБ — обмотка возбуждения подвозбудителя; ОБ1, ОБ2 — обмотки возбуждения возбудителя; НГ — обмотка возбуждения тягового генератора; СУ — селективный узел; ОРД — объединенный регулятор дизеля

В, амплистат, трансформатор постоянного тока ТПТ, трансформатор постоянного напряжения ТПН, селективный узел СУ, блок задающего устройства БЗУ, синхронный подвозбудитель СПВ, индуктивный датчик ИД (рис. 6).

Система автоматического регулирования напряжения тягового генератора выполняет следующие основные функции: поддерживает постоянную мощность дизеля при изменении тока нагрузки, защищает тяговый генератор и тяговые электродвигатели от чрезмерного увеличения тока во время трогания, разгона и движения на подъеме, т. е. ограничивает максимальный ток тягового генератора, защищает тяговый генератор и тяговые электродвигатели от повышенного напряжения при движении тепловоза со скоростью, близкой к максимальной, т. е. ограничивает максимальное напряжение тягового генератора, обеспечивает такую зависимость мощности дизеля от частоты вращения вала, чтобы при любой частоте вращения дизель работал при минимальном расходе топлива.

В схемах автоматического регулирования возбуждения с амплистатом для создания требуемой формы внешней характеристики необходимо получить сигналы, пропорциональные току и напряжению тягового генератора.

Сигналы формируются трансформаторами ТПТ и ТПН.

В рассматриваемой схеме автоматического регулирования тягового генератора основным узлом системы является *селективный (избирательный) узел СУ*, который совместно с амплистатом, трансформаторами ТПТ и ТПН и выпрямительными мостами обеспечивает необходимую селективную характеристику тягового генератора, состоящую из трех зон (рис. 7): в зоне ограничения пускового тока *аб* селективный узел формирует сигнал от ТПТ, в зоне ограничения напряжения *вг* — сигнал от ТПН; в зоне ограничения мощности *бв* — суммарный сигнал от ТПТ и ТПН. Для создания внешних характеристик тягового генератора по позициям контроллера машиниста используется еще одна обмотка амплистата — задающая, получающая питание от бесконтактного тахометрического устройства БЗУ. Задающая обмотка обеспечивает связь по частоте вращения коленчатого вала дизеля.

Для полного использования мощности дизеля на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, ТЭП60, М62, 2ТЭ10М применен узел дополнительного автоматического регулирования мощности, который изменяет работу электрической передачи так, чтобы дизель работал по экономической характеристике и чтобы свободная мощность дизеля использовалась для тяги, не допуская его пере-

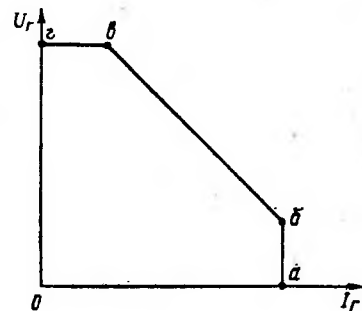


Рис. 7. Селективная характеристика тягового генератора

грузки. Регулятор мощности получил название *объединенный*, так как он одновременно регулирует подачу топлива и возбуждение тягового генератора. Для этого амплистат имеет регулировочную обмотку подмагничивания, которая питается от синхронного подвозбудителя через индуктивный датчик *ИД*.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы электрической передачи постоянного тока с возбудителем с продольно расщепленными полюсами.
2. Принцип работы электрической передачи постоянного тока с возбудителем с радиальным расщеплением полюсов.
3. Принцип работы электрической передачи постоянного тока с магнитным усилителем.

1.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА

Рост грузооборота и скоростей движения на железных дорогах нашей страны выдвигает необходимость увеличения секционной мощности локомотивов. Для тепловозов мощностью свыше 2200 кВт в секции применение тяговых генераторов постоянного тока вызывает серьезные затруднения по обеспечению нормальной коммутации.

Ограничение мощности тягового генератора постоянного тока при дальнейшем росте секционных мощностей тепловозов вызвало необходимость разработки передач с электрическими машинами переменного тока. В 1967 г. на Ворошиловградском тепловозостроительном заводе им. Октябрьской революции был построен тепловоз ТЭ109 с передачей переменного-постоянного тока. В этой передаче тяговый генератор постоянного тока заменен на синхронный генератор, а тяговые двигатели постоянного тока получают питание от выпрямительной установки. Синхронный тяговый генератор представляет собой 12-полюсную машину с двумя трехфазными обмотками на статоре, сдвинутыми относительно друг друга на 30° эл. Ток подводится к полюсам при помощи двух колец и шести щеток, съем рабочего тока — от шести неподвижных шин статора.

По сравнению с генераторами постоянного тока синхронный генератор обладает следующими преимуществами:

1. Снимается ограничение по мощности. В приемлемых для тепловоза габаритах синхронный генератор может быть выполнен для локомотивов секционной мощностью 7300 кВт.
2. Обеспечивается более высокая надежность, так как генератор не имеет коллекторно-щеточного аппарата и сложной, подверженной износу изоляции силовой обмотки, расположенной на вращающейся части машины — якоре.
3. Существенно уменьшается масса благодаря отсутствию коллектора, повышению электромагнитных нагрузок и улучшению

Таблица 1

Узлы	Масса меди, кг	
	ГС-501А	ГП-311Б
Обмотка статора (якоря)	437,5	375,1
Обмотка полюсов	355,9	432,2
Коллектор	—	696,6
Итого	793,4	1503,9

теплоотвода. Так, масса генератора ГС-501А мощностью 2190 кВт равна 6000 кг, а масса генератора ГП-311Б мощностью 2000 кВт — 8600 кг.

4. Значительно уменьшаются затраты меди и электротехнической стали. Это видно из сравнения расходов меди для генераторов, приведенных в табл. 1.

Расход стали для генератора ГС-501А: высоколегированной — 2077 кг, низколегированной — 3000 кг, общий — 5077 кг, а для генератора ГП-311Б — соответственно 3960, 3500 и 7190 кг.

5. Уменьшается стоимость за счет снижения расходов цветных металлов и электротехнической стали и снижения трудоемкости вследствие упрощения конструкции и технологии изготовления.

6. Значительно упрощается обслуживание и уменьшаются эксплуатационные расходы. В связи с отсутствием коллектора отпадает необходимость в его обточке, шлифовке, продорожке. Из-за уменьшения количества щеток на контактных кольцах и уменьшения их износа снижается время на техническое обслуживание и увеличиваются пробеги между ними.

Следует отметить, что преимущества синхронного генератора несколько уменьшаются из-за необходимости применения выпрямительной установки.

Передача переменного-постоянного тока применена на тепловозах ТЭ109, 2ТЭ116, 2ТЭ121, ТЭП70, ТЭП75, ТЭМ7. У передач переменного-постоянного тока гиперболическая характеристика синхронного генератора формируется тиристорной системой возбуждения. Система возбуждения включает в себя: БУВ — блок управления возбуждением, УВВ — управляемый выпрямитель возбуждения, нагрузкой которого служит обмотка возбуждения тягового синхронного генератора, СВ — синхронный возбудитель, СУ — селективный узел (рис. 8). Селективный узел СУ формирует внешнюю характеристику тягового генератора. В СУ поступают сигналы обратной связи по току и напряжению тягового генератора от трансформаторов постоянного тока ТПТ и трансформатора постоянного напряжения ТПН. Эти сигналы сравниваются

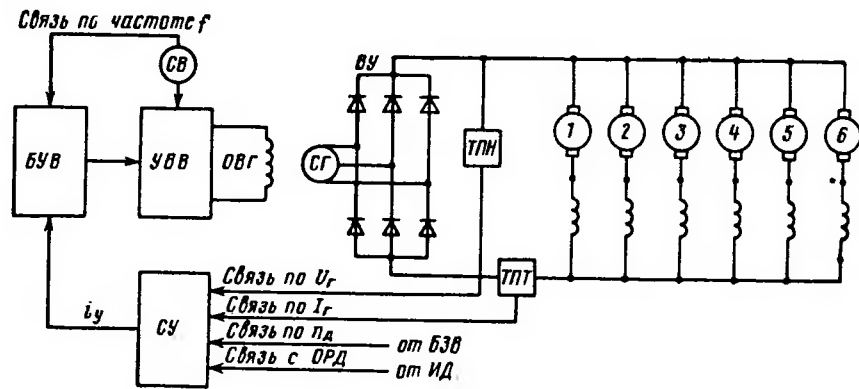


Рис. 8. Схема регулирования передач переменного-постоянного тока:

БУВ — блок управления возбуждением; ВУВ — управляемый выпрямитель возбуждения; ОВГ — обмотка возбуждения тягового генератора; СВ — синхронный подвозбудитель; СГ — синхронный генератор; ВУ — выпрямительная установка; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; ТПТ — трансформатор постоянного тока; БЗВ — блок задания возбуждения; ИД — индуктивный датчик; ОРД — объединенный регулятор дизеля; 1—6 — тяговые электродвигатели

с сигналами установки, вырабатываемыми блоком задания БЗВ, и индуктивным датчиком ИД.

Разность сигналов в виде управляющего сигнала i_y поступает в обмотку управления МУ блока возбуждения БУВ, в котором формируются импульсы, отпирающие тиристоры и регулирующие момент их подачи, в результате чего устанавливается требуемый ток в обмотке возбуждения СГ. В качестве блока задания БЗВ используется тахометрический блок. Напряжение на выходе блока пропорционально частоте вращения возбудителя, а следовательно, частоте вращения вала дизеля. Катушка датчика ИД получает питание от БЗВ и при изменении положения сердечника ИД, связанного с сервоприводом объединенного регулятора дизеля, ток датчика изменяется.

Для лучшего использования мощности дизеля как на максимальной, так и на промежуточных позициях контроллера машиниста применяется объединенное управление дизель-генератором по мощности, при котором производится одновременное управление частотой вращения и нагрузкой на дизель. При отклонении мощности тягового генератора, мощности дизеля или мощности вспомогательных машин изменяется частота вращения вала дизеля и подача топлива. Для восстановления заданных значений сигнал подается в систему автоматического регулирования возбуждения через индуктивный датчик ИД.

Форма селективной характеристики тягового синхронного генератора подобна внешней характеристике тягового генератора тепловоза 2ТЭ10М (см. рис. 7).

Регулирование частоты вращения якоря тягового электродвигателя. На всех тепловозах с передачами постоянного или пере-

менно-постоянного тока установлены тяговые электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением, у которых частота вращения якоря прямо пропорциональна напряжению на его зажимах и обратно пропорциональна магнитному потоку, создаваемому главными полюсами, т. е.

$$n_{гх} = \frac{U - IR}{c_e \Phi},$$

где U — напряжение на зажимах, В;
 I — ток электродвигателя, А;
 R — сопротивление электродвигателя, Ом;
 Φ — магнитный поток, Вб.

Из формулы следует, что частоту вращения вала якоря тягового электродвигателя можно регулировать изменением подводимого к зажимам электродвигателя напряжения или изменением магнитного потока. На тепловозах применяют оба способа регулирования частоты вращения якоря.

Подводимое напряжение можно регулировать за счет изменения частоты вращения тягового генератора дизеля или за счет изменения схемы соединения тяговых электродвигателей.

Изменение схемы соединения тяговых электродвигателей. Тяговые электродвигатели можно соединить последовательно, последовательно-параллельно и параллельно (рис. 9). При последовательном соединении ток тяговых электродвигателей будет равен току тягового генератора, а напряжение во столько раз меньше, сколько электродвигателей включено последовательно, т. е.

$$I_A = I_r; U_A = U_r / \kappa,$$

где κ — число последовательно соединенных электродвигателей.

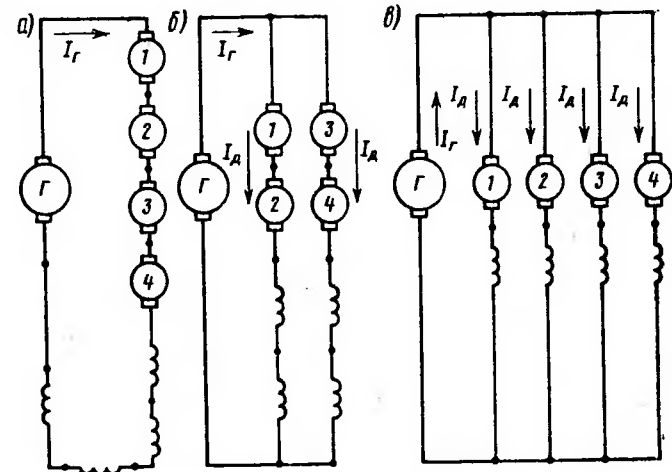


Рис. 9. Схемы соединений тяговых электродвигателей:

а — последовательное; б — последовательно-параллельное; в — параллельное; Г — тяговый генератор; 1—4 — тяговые электродвигатели

При последовательно-параллельном соединении:

$$I_{\Delta} = I_{\Gamma}/a; U_{\Delta} = U_{\Gamma}/\kappa',$$

где a — число параллельных ветвей соединения электродвигателей;

κ' — число последовательно соединенных электродвигателей в параллельной ветви.

При параллельном соединении:

$$I_{\Delta} = I_{\Gamma}/a; U_{\Delta} = U_{\Gamma}.$$

Несмотря на кажущуюся доступность реализации переключения тяговых электродвигателей с одного соединения на другое, на практике встречаются большие трудности. Только на тепловозах небольшой мощности в одной секции (ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1) — около 730 кВт применена схема автоматического перехода с последовательного на последовательно-параллельное соединение. На тепловозах мощностью 1460 кВт (ТЭ3, М62 и всех модификациях ТЭМ2) применено неизменное последовательно-параллельное соединение, имеющее три параллельные группы, в каждой из которых по два последовательно соединенных электродвигателя. На тепловозах мощностью 2200 кВт в секции (2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116) применено постоянно-параллельное соединение тяговых электродвигателей.

Регулирование магнитного потока возбуждения получило название *ослабления возбуждения тяговых двигателей*. Ослабление возбуждения тяговых двигателей применяется на всех эксплуатируемых тепловозах. Ослабление возбуждения тяговых электродвигателей осуществляется при помощи резисторов, которые подключаются параллельно обмоткам возбуждения (рис. 10). При подключении резисторов ток в обмотке возбуждения тяговых электродвигателей уменьшается, и произойдет ослабление возбуждения. Степенью ослабления возбуждения α называется отношение тока возбуждения $I_{\text{в}}$ к току $I_{\text{я}}$: $\alpha = I_{\text{в}}/I_{\text{я}}$.

При необходимости иметь низкие значения α (менее 0,4) применяют две ступени ослабления возбуждения. При первой ступени ослабления возбуждения включается контактор Ш1 и резистор R1, при второй ступени — оба контактора Ш1, Ш2 и оба резистора R1, R2.

На тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 степень ослабления возбуждения первой ступени составляет 60%, а второй ступени — 36%. Это означает, что через обмотки возбуждения тяговых двигателей проходит 60% (или 36%) тока якоря, а остальная часть тока протекает через шунтирующий резистор. Снижение α ниже 0,25 недопустимо, так как это может при-

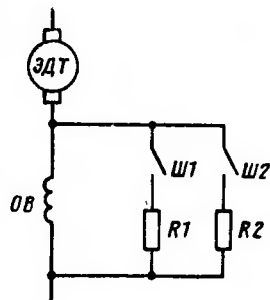


Рис. 10. Схема включения резисторов для ослабления возбуждения тяговых электродвигателей:

ЭДТ — тяговый электродвигатель; ОБ — обмотка возбуждения; R1, R2 — резисторы; Ш1, Ш2 — контакты контакторов ослабления возбуждения тяговых электродвигателей

вести к нарушению коммутации тяговых электродвигателей, появлению кругового огня на коллекторе. Ослабление возбуждения тяговых электродвигателей тепловозов расширяет интервал скоростей, при котором используется полная мощность дизель-генераторной установки. Включение каждой ступени ослабления производится при таких скоростях, когда ток генератора близок к минимальному значению, при котором используется полная мощность. Значение степени ослабления возбуждения второй ступени выбирают так, чтобы обеспечить использование полной мощности дизель-генератора вплоть до конструктивной скорости тепловоза. Ослабление возбуждения выключают при скоростях, на 4—10 км/ч меньших, чем скорость включения (во избежание звонковой работы при включении и выключении).

Контрольные вопросы

1. Принцип работы электрической передачи переменного тока.
2. Способы регулирования частоты вращения якоря тягового электродвигателя.

1.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ПЕРЕМЕННО-ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Эксплуатация серийных тепловозов показывает, что тяговый электродвигатель является одним из наименее надежных узлов электрооборудования. Основные неисправности связаны с повреждением коллектора, щеток и изоляции, а главными причинами неисправностей являются механические, электрические и тепловые перегрузки, возникающие вследствие тряски, боксования, загрязнения фильтров в системе охлаждения, загрязнения и увлажнения коллекторов, износа щеток и коллекторов. Коллекторные тяговые двигатели в наибольшей степени нуждаются в частых и квалифицированных осмотрах, уходе и ремонте. Все эти недостатки будут расти с увеличением мощности тяговых электродвигателей. Следовательно, дальнейшее развитие передач связано с заменой наименее надежного звена — коллекторного тягового электродвигателя бесколлекторным двигателем переменного тока. Наиболее перспективен в этом отношении асинхронный двигатель.

Частота вращения ротора асинхронного двигателя

$$n_{\text{эх}} = \frac{60f}{P_{\text{ад}}} (1 - s),$$

где f — частота подводимого напряжения;
 $P_{\text{ад}}$ — число пар полюсов статора;
 s — скольжение.

Регулирование асинхронного двигателя может осуществляться за счет подводимой частоты напряжения или изменения числа пар полюсов. В тепловозной электропередаче тяговый электродвигатель в период разгона должен работать при сохранении вращаю-

шего момента, а при движении с рабочими скоростями — при неизменной мощности. При неизменном моменте подводимое к тяговому электродвигателю напряжение должно изменяться пропорционально частоте

$$U/U_{\text{HOM}} = f/f_{\text{HOM}},$$

где $U_{\text{ном}}$ и $f_{\text{ном}}$ — номинальные значения напряжения и частоты;
 U и f — текущие значения напряжения и частоты.

При неизменной мощности момент тягового двигателя должен изменяться обратно пропорционально частоте вращения или частоте напряжения. При этом $U/U_{\text{ном}} = \sqrt{f/f_{\text{ном}}}$, т. е. при неизменной мощности подводимое к тяговому электродвигателю напряжение должно изменяться пропорционально корню квадратному из частоты.

Таким образом, для работы асинхронного двигателя в тяговом режиме необходимо раздельное регулирование напряжения и частоты подводимого к нему тока. Диапазон регулирования может быть расширен за счет изменения числа пар полюсов, но это можно осуществлять только ступенчато и при значительном усложнении асинхронного двигателя. Впервые в Советском Союзе передача переменного тока была осуществлена на тепловозе ТЭ120. Структурная схема электропередачи тепловоза ТЭ120 приведена на рис. 11. Дизель приводит во вращение тяговый агрегат, объединяющий в одном корпусе два синхронных генератора: тяговый генератор *СГ1* и вспомогательный генератор *СГ2*. Вспомогательный генератор предназначен для питания потребителей собственных нужд тепловоза: асинхронных электродвигателей привода вентиляторов холодильника, вентиляторов тяговых электро-

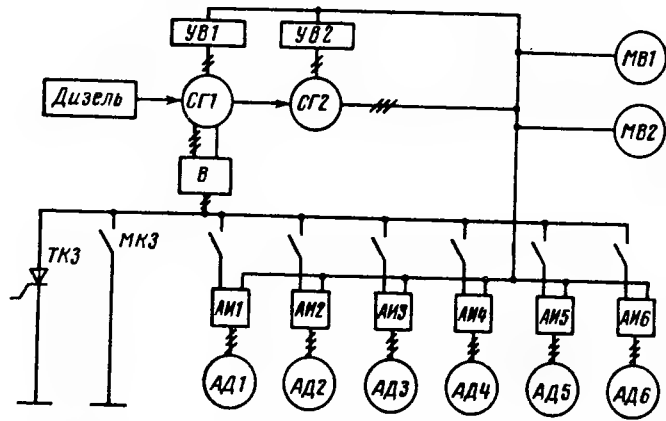


Рис. 11. Структурная схема электропередачи тепловоза ТЭ120:

СГ1 — синхронный тяговый генератор; СГ2 — синхронный вспомогательный генератор; МВ1, МВ2 — асинхронные электродвигатели привода вентиляторов; УВ1, УВ2 — тиристорные выпрямители; АИ1—АИ6 — автономные инверторы напряжения; АД1—АД6 — тяговые асинхронные электродвигатели; ТКЗ — тиристорный короткозамыкатель; МКЗ — механический короткозамыкатель; В — выпрямительная установка

двигателей передней и задней тележек, вентилятора преобразовательной установки, а также для питания цепей подзаряда контура коммутации автономных инверторов преобразователя частоты и питания через тиристорные выпрямители *УВ1* и *УВ2* соответственно обмоток возбуждения генераторов *СГ1* и *СГ2*.

Тяговый генератор *СГ1* через преобразователь частоты, состоящий из выпрямительной установки *В* и шести шкафов автономных инверторов напряжения *АИ1—АИ6*, питает шесть тяговых асинхронных электродвигателей *АД1—АД6*. Система питания тяговых асинхронных электродвигателей, при которой каждый асинхронный двигатель подключен к индивидуальному инвертору, позволяет работать с неполным числом тяговых электродвигателей, при этом неработающие блоки *АИ—АД* отключаются от цепи питания поездными контакторами. Регулирование скорости и тягового усилия тепловоза в режиме тяги производится изменением напряжения на выходе выпрямительной установки *В* путем задания требуемого возбуждения тягового генератора *СГ1* и изменением частоты на выходе тяговых инверторов.

Управление частотой вращения коленчатого вала дизеля в диапазоне от 5,83 до 16,67 с⁻¹ осуществляется ступенчато по 15 позициям контроллером машиниста с пульта управления. Для пуска дизеля применен стартер-генератор постоянного тока, установленный на корпусе тягового агрегата.

Спецификой применения на тепловозах электропередачи переменного тока является то, что для реализации предельной тяговой характеристики в области высоких скоростей требуется учитывать снижение критического момента тяговых асинхронных электродвигателей. Это вызвано тем, что для получения широкого скоростного диапазона локомотива и более полного использования тягового электрооборудования при его минимально возможных габаритах и массе возникает необходимость регулирования асинхронных тяговых электродвигателей в зоне постоянной мощности по закону $U_{1\phi} = \text{const}$ (где $U_{1\phi}$ — эффективное значение основной гармоники фазного напряжения на входе асинхронного тягового электродвигателя). Этот режим управления асинхронным электродвигателем характеризуется тем, что при повышении скорости движения тепловоза значение критического момента снижается быстрее электромагнитного момента, развиваемого асинхронными тяговыми двигателями. При превышении определенной скорости движения тепловоза момент сопротивления, приведенный к валу асинхронного двигателя, может превысить значение критического момента. В этом случае нарушается условие статического равновесия тяговой электропередачи, т. е. она уже не будет способна передавать мощность от дизеля к движущим осям локомотива.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы электрической передачи переменного тока.
2. Способы регулирования частоты вращения ротора тягового электродвигателя.

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К тяговым электрическим машинам относят электрические машины, предназначенные для работы в качестве электродвигателей, генераторов, преобразователей на подвижном составе всех видов. По назначению их подразделяют на тяговые электродвигатели, приводящие во вращение движущие колесные пары, тяговые генераторы, питающие электроэнергией тяговые электродвигатели, вспомогательные машины, предназначенные для обеспечения вспомогательных нужд подвижного состава в виде двигателей, генераторов, преобразователей.

В конструкции тяговых электрических машин учитывают условия их эксплуатации:

1. Габариты тяговых машин жестко ограничены. Так, габариты тяговых генераторов ограничены габаритами кузова, а габаритные размеры тяговых электродвигателей и передачи в осевом направлении ограничены внутренними гранями бандажей колесных пар (при ширине колеи 1520 мм это расстояние равно 1440 мм). Поперечные габаритные размеры ограничены диаметром движущегося колеса и обязательными зазорами до головок рельсов и до рамы кузова.

2. Динамические воздействия со стороны пути отрицательно сказываются на работе тяговых электрических машин. У тяговых электродвигателей с опорно-осевым подвешиванием в зависимости от скорости движения возникают динамические инерционные ускорения $a_d \approx (10 \div 15)g$, а у тяговых генераторов и вспомогательных машин, установленных в кузове, до $2,0 g$.

3. Тяговые электрические машины подвержены интенсивному загрязнению. При движении поезда в 1 м^3 воздуха оказывается до 20—30 мг пыли или до 50—120 г снега. В условиях эксплуатации почти невозможно полностью исключить попадание этих загрязнений внутрь машины, особенно у тяговых электродвигателей, расположенных в непосредственной близости от пути.

4. Напряжение на зажимах тягового генератора и электродвигателей в зависимости от условий работы изменяется в широком диапазоне, что влияет на их работоспособность.

5. Частота вращения якорей как при нормальных условиях эксплуатации, так и при боксовании может изменяться в очень широких пределах. По условиям токосяема особенно неблагоприятны такие режимы, как затяжное трогание тяжеловесных поездов, когда тяговый электродвигатель, развивая максимальный

момент, вращается довольно продолжительное время с очень низкой частотой. По условиям механических нагрузок и токосяема исключительно тяжелы процессы разносного боксования, когда частота вращения тягового электродвигателя может превышать номинальную.

6. При совместной работе нескольких тяговых электродвигателей на локомотиве требуется, чтобы их характеристики были одинаковыми. Однако при изготовлении тяговых электродвигателей и их эксплуатации имеются расхождения в характеристиках, что вызывает неравномерность нагрузки двигателей, а это приводит к дополнительной перегрузке и превышению температуры нагрева отдельных двигателей.

7. Тяговые электромашины должны обладать высокой надежностью. При работе тяговых электродвигателей их отказы, непосредственно угрожающие безопасности движения поездов, должны быть полностью исключены.

8. Тяговые машины должны обладать высокой экономичностью. Экономичность тяговых электродвигателей в эксплуатации определяется удельным расходом энергии на единицу поездной работы.

Для электрических машин установлен продолжительный номинальный режим. Продолжительный режим определяется наибольшим током, который не вызывает превышения температур частей тяговых электромашин выше допустимых. Для тягового генератора установлены два продолжительных режима при низшем (номинальный) и при высшем напряжениях.

При работе электрической машины часть преобразуемой ею энергии превращается в тепло, которое выделяется в меди обмоток, стали сердечников якоря и полюсов, коллекторе и якорных подшипниках. Чем больше нагрузка машины, тем больше мощность потерь в ней и тем интенсивнее происходит нагревание ее частей. Время работы машины с током, большим продолжительного, ограничено допустимой температурой нагрева ее частей, так как основной причиной выхода из строя изоляционных материалов является их тепловое старение. В процессе теплового старения изоляции происходит полимеризация и улетучивание некоторых ее компонентов и, как следствие этого, в ней появляются микротрещины. На интенсивность старения изоляции оказывают влияние значение и время действия рабочих температур, пределы и частота изменения температур, влажность, напряжение, механические, особенно вибрационные нагрузки, воздействие химически активных газов и загрязнителей. В зависимости от компонентов, входящих в состав изоляции, ее разделяют на классы нагревостойкости А, В, Е, F и H.

В тяговых электродвигателях наиболее широко используют изоляцию классов В, F и H.

На старение изоляции оказывает влияние абсолютная температура ее нагрева, поэтому для каждого класса изоляции норми-

рованы предельно допустимые превышения температур частей тяговых электрических машин над температурой охлаждающего воздуха (табл. 2).

Возможность реализации наибольшей мощности в течение продолжительного времени определяется условиями нагревания тяговой машины. Повышение мощности тяговых машин требует улучшения отвода выделяющегося тепла. Эту задачу решают с помощью вентиляции — продуванием охлаждающего воздуха через машину. Вентиляционный воздух воспринимает тепло нагретых частей машины, охлаждая их. Движение охлаждающего воздуха внутри машины обеспечивают специальные вентиляторы. В зависимости от места установки этих вентиляторов и способа их вращения различают системы независимой (принудительной) вентиляции и самовентиляции. Система самовентиляции применена на вспомогательных электрических машинах и тяговых генераторах мощностью ниже 2000 кВт, для тяговых электродвигателей применяется система независимой вентиляции. Это объясняется следующим. На крутых затяжных подъемах тяговые электродвигатели продолжительное время работают с номинальным током, что сопровождается интенсивным выделением тепла с частотой вращения якоря тягового электродвигателя в 1,8—2,6 раза ниже максимальной. В этом случае система самовентиляции не может быть эффективной и поэтому для охлаждения тяговых электродвигателей тепловозов применяют систему независимой вентиляции.

Таблица 2

Класс изоляции	Основные изоляционные материалы	Температура, °C		
		Обмоток якоря	Обмоток полюсов	Коллектора
A	Пропитанные волокнистые материалы из целлюлозы и шелка	85	85	95
E	Синтетические органические пленки	105	115	95
B	Материалы на основе слюды (в том числе на органических подложках), асбест и стекловолокно (применяются с органическими связующими)	120	130	95
F	Материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна, применяемые с синтетическими связующими и пропитывающими составами (монокристаллическая изоляция на эпоксидной смоле)	140	155	95
H	Материалы на основе слюды, стекловолокна и асбеста, применяемые с кремнийорганическими пропитывающими составами, кремнийорганические эластомеры	160	180	105

Контрольные вопросы

1. Какие электрические машины называются тяговыми?
2. На какие классы по нагревостойкости делится изоляция тяговых электрических машин?

2.2. ТЯГОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Тяговые генераторы предназначены для преобразования механической энергии дизеля в электрическую, а также для пуска дизеля. Во время пуска дизеля тяговый генератор работает в режиме электродвигателя с последовательным возбуждением. Технические данные тяговых генераторов, применяемых на тепловозах, представлены в табл. 3.

Тяговые генераторы постоянного тока отечественных тепловозов состоят из одних и тех же частей, поэтому устройство тягового генератора постоянного тока рассмотрено на примере генератора ГП-311Б.

Тяговый генератор ГП-311Б. Тяговый генератор (рис. 12) состоит из якоря, станины 9, главных и добавочных полюсов, подшипникового щита 3, подшипника 1 и щеткодержателей 4.

Станина служит магнитопроводом, к ней крепятся главные и добавочные полюсы, подшипниковый щит, вентиляционные патрубки. Снаружи к станине приварены две лапы, которыми она опирается на поддизельную раму. В каждой лапе имеется четыре отверстия для крепящих болтов и два отверстия с резьбой для отжимных болтов. Главные полюсы служат для создания основного магнитного потока. Каждый полюс состоит из сердечника и катушки. Сердечник (рис. 13) для уменьшения вихревых потоков собран из листов электротехнической стали толщиной 1 мм, изолированных друг от друга лаком, спрессованных и стянутых заклепками. Для равномерного давления на листы сердечника в них выштампованы прямоугольные отверстия и помещен стальной стержень с отверстиями с резьбой для крепления полюса к станине. На каждом сердечнике расположены катушки обмоток независимого возбуждения 4 (рис. 14) для создания основного магнитного потока при работе генератора и пусковой 5, создающей магнитный поток только при пуске дизеля. Катушки наматываются на каркас 6, изготовленный из листовой стали толщиной 1 мм с отогнутыми буртами для удержания пластмассовых изоляционных рамок 1 и 3. Каркас изолируется от катушек стекломиканитом и стеклолентой, а между катушками независимого возбуждения и пусковой проложена изоляционная шайба 2. Основные данные обмоток генератора ГП-311Б приведены в табл. 4.

Для получения чередующейся полярности N—S пять полюсов катушек имеют перекрещенные выводы, а пять открытые (рис. 15).

Таблица 3

Тип тягового генератора	Серия тепловоза	Но- ми- наль- ная мощ- ность, кВт	Ток про- должи- тельного реж. м.А	На- поф- жение, В	Частота враще- ния, мин ⁻¹	Тип вен- тиляции	Тип об- мотки якоря	Число полю- сов		Воздушный зазор, мм		Число коллек- торных пластин	Масса, кг
								глав- ных	доба- воч- ных	под се- редней главного полюса	под до- бавочным полюсом		
МПТ-99/47А	ТЭЗ, ТЭТ	1350	2460	$\frac{820}{550}$	850	Само- вентили- ция	Лягу- шачья	8	8	5	11,5	447	7460
МПТ-84/39	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1	700	1200	$\frac{900}{700}$	740	»	Пегле- вая	8	8	4	6,8	380	4500
МПТ-120/49	ТЭ10, ТЭП10, ТЭЭ10Л	2000	4260	$\frac{700}{470}$	850	»	Лягу- шачья	10	10	5	13,0	465	9200
ГП-300Б	ТЭМ2, ТЭМ2М	780	1210	$\frac{870}{645}$	750	»	Пегле- вая	8	8	4	8	380	5000
ГП-311Б	2ТЭ10М, 3ТЭ10М, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В	2000	4320	$\frac{700}{465}$	850	Прини- матель- ная	Пегле- вая, сту- пенчатая	10	10	5	15,5	465	8900
ГП-311В	ТЭП60, 2ТЭП60	2000	4320	$\frac{635}{465}$	750	»	То же	10	10	5	15,5	465	9000
ГП-312	М62, 2М62	1270	3570	$\frac{570}{365}$	750	»	»	10	10	5	9,5	444	7400

Примечание. Числитель — максимальное напряжение, знаменатель — номинальное. Возбуждение — независимое для всех машин.

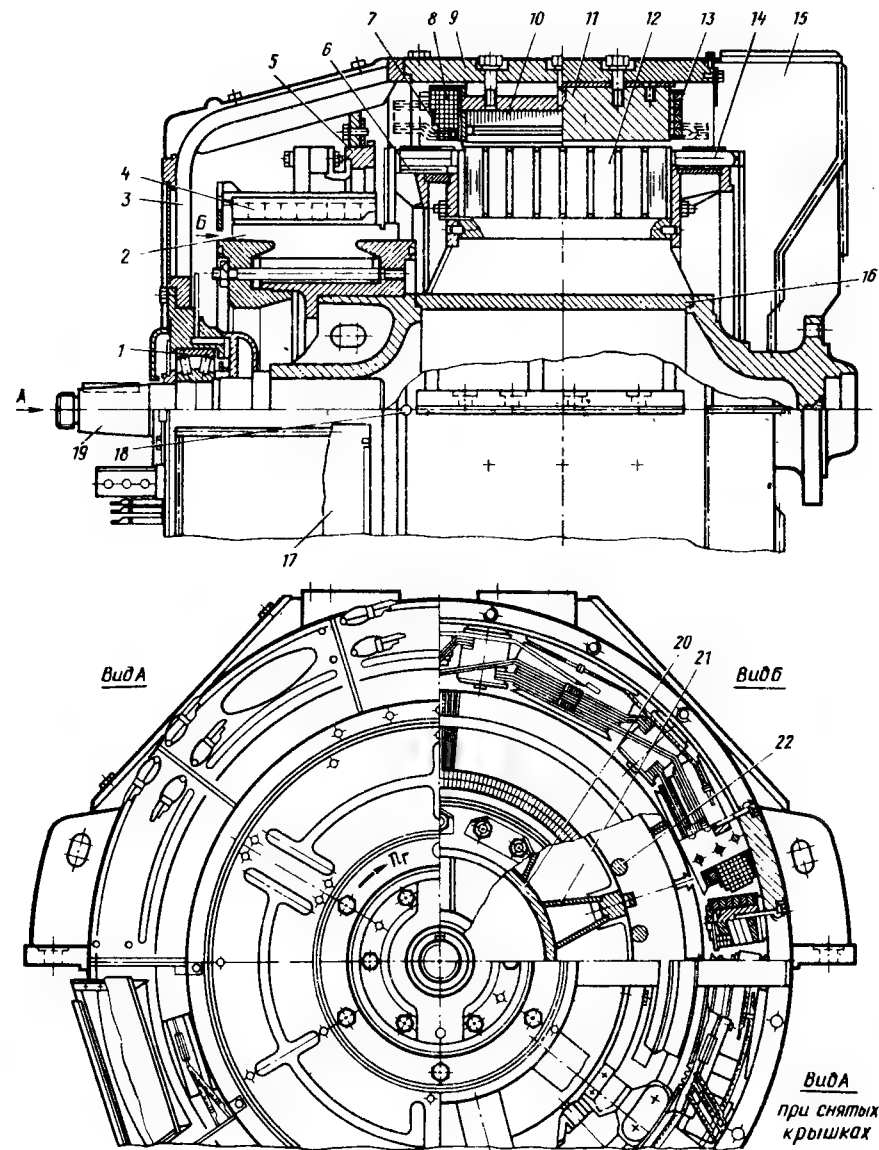


Рис. 12. Тяговый генератор ГП-311Б:

1 — подшипник; 2 — коллектор; 3 — щит подшипниковый; 4 — щеткодержатель; 5 — поворотная траверса; 6 — уравнивательные соединения; 7 — пусковая обмотка; 8 — обмотка независимого возбуждения; 9 — станина; 10 — сердечник главного полюса; 11 — сердечник добавочного полюса; 12 — сердечник якоря; 13 — катушка добавочного полюса; 14 — обмотка якоря; 15 — воздухоподводящий патрубок; 16 — корпус якоря; 17 — щитки; 18 — штифт для фиксации щита со станиной; 19 — вал; 20 — барабан; 21 — продольные ребра; 22 — шпильки

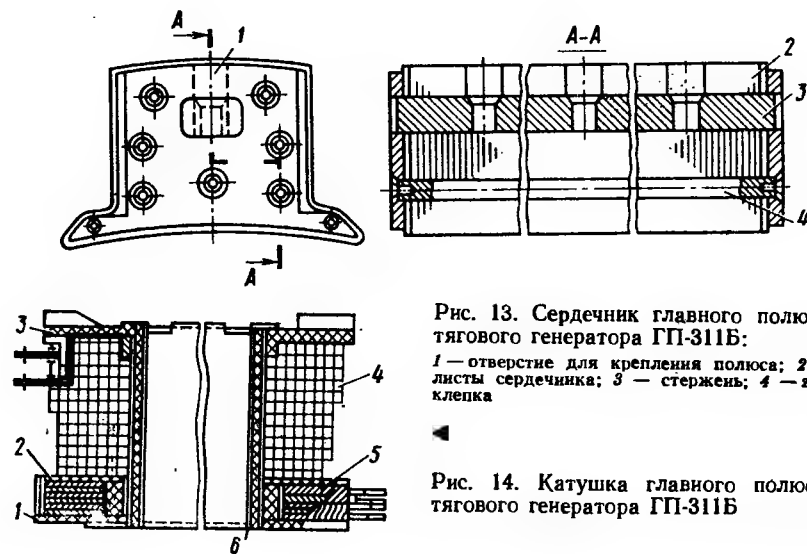


Рис. 13. Сердечник главного полюса тягового генератора ГП-311Б:

1 — отверстие для крепления полюса; 2 — листы сердечника; 3 — стержень; 4 — заклепка

Рис. 14. Катушка главного полюса тягового генератора ГП-311Б

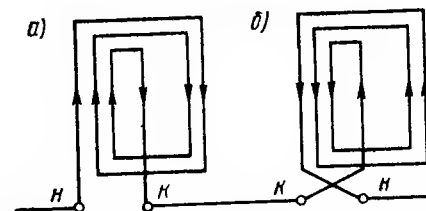
Добавочные полюсы служат для улучшения коммутации и частичной компенсации действия реакции якоря. Добавочный полюс состоит из литого стального сердечника и катушки. К нижней части сердечника 6 (рис. 16) прикреплены латунные или дюралюминиевые угольники 5. Они служат опорой катушки и уменьшают магнитное рассеивание полюса. Между катушкой и угольниками помещена изоляционная рамка 4 из пресс-материала на эпоксидной смоле. На сердечнике катушка 3 крепится стальной накладкой 1, привинченной к нему винтами со стороны, обращенной к станине. Между накладкой и катушкой помещена немагнитная гетинаксовая прокладка 2 для замедления насыщения полюса. Между сердечником полюса и станиной помещен набор из шести стальных прокладок (общей толщиной 3 мм), которые регулируют зазор между добавочным полюсом и якорем, а между станиной и полюсом укладывают пружинную рамку из

Таблица 4

Обмотка	Число витков	Сопротивление при температуре 15°C, Ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм	Класс изоляции
Главных полюсов:					
независимая	105	0,88	ПСД	47×6,9	Н
пусковая	3	0,00435	ПММ	6,5×28	Н
Добавочных полюсов	6	0,000865	ШММ	16×25	В
Якоря	455	0,00132	ШММ	2,83×5,5	В

Рис. 15. Схема намотки катушек:

а — катушка с открытыми выводами; б — катушка с перекрещенными выводами; Н — начало; К — конец



ленточной стали для предотвращения перемещения катушки на сердечнике из-за усыхания изоляции.

Катушка 3 полюса состоит из шести витков, между которыми помещены стеклотекстолитовые прокладки, крайние витки изолированы микалентой и стеклотентой.

Катушки добавочных полюсов имеют открытые выводы, а поэтому для чередования полярности они соединены через полюс в две параллельные группы. Обмотка добавочных полюсов всегда соединена последовательно с обмоткой якоря для того, чтобы ее действие соответствовало току нагрузки. Площадь поперечного сечения сердечников добавочных полюсов выбирают так, чтобы в диапазоне изменения рабочих токов индукция была небольшой, что позволяет избежать магнитного насыщения сердечника. Этой же цели служит и больший, чем у главных полюсов, зазор между добавочными полюсами и якорем.

Передний (подшипниковый) щит служит для установки ступицы подшипника вала якоря. Подшипниковый щит 3 (см. рис. 12) воспринимает большие усилия от вала якоря, поэтому он выполнен в виде жесткой сварной конструкции из ребер и колец. Ребра наклонены к оси тягового генератора, что обеспечивает жесткость и легкость конструкции.

Вал якоря опирается на двухрядный сферический самоустанавливающийся роликовый подшипник 2Н3626К.

В собранном тяговом генераторе подшипниковый щит фиксируется призонным штифтом 18 (см. рис. 12). Люки коллекторной камеры закрыты крышками с пружинными кольцевыми замками (застежками). В двух верхних крышках имеются прозрачные вставки для наблюдения за коллекторно-щеточным узлом во время его работы. Задний щит защищает от попадания внутрь тягового генератора загрязнений и посторонних предметов.

На тяговых генераторах ранних выпусков устанавливались реактивные щеткодержатели (рис. 17, а). Эти генераторы имеют поворотную траверсу, к которой через изолированные подвески крепятся 10 бракетов, отлитых из алюминия. К каждому бракету крепится по девять латунных щеткодержателей. Корпус щеткодержателя

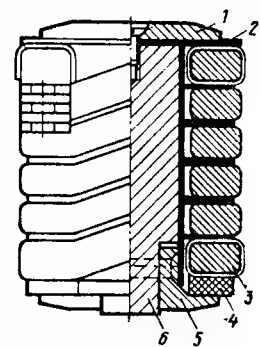
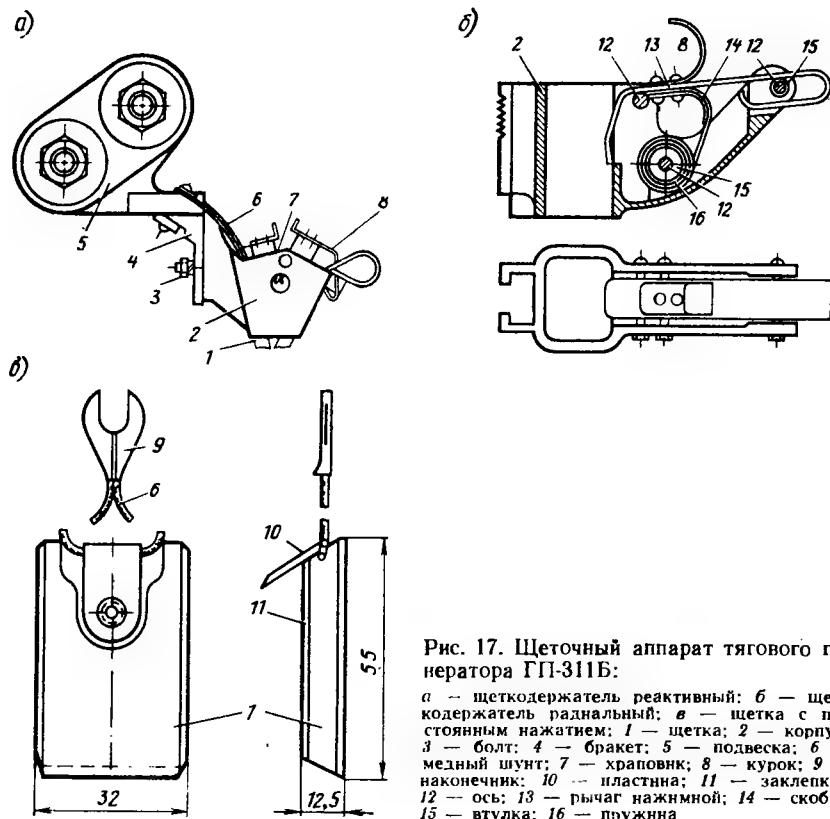


Рис. 16. Добавочный полюс тягового генератора ГП-311Б



имеет два гнезда, куда устанавливаются щетки: набегающая под углом 30° к радиусу коллектора и сбегаящая под углом 10° к нему. Такая установка щеток уменьшает их трение в корпусе, облегчает их работу. Щетку к коллектору прижимает спиральная пружина через курок 8. Конец пружины входит в зарубки храповика 7. Перемещением конца пружины по зарубкам регулируется нажатие на щетку, которое должно быть 8—12 Н. Ток от щеток отводится по медным плетеным шунтам 6, наконечники 9 которых прикреплены винтами к бракету. Бракеты одной полярности соединены медными собирательными шипами. Для замены и осмотра щеток траверса может быть повернута на 360° ключом валоповоротного устройства дизеля. В рабочем положении траверса фиксируется болтами.

На тяговых генераторах последних выпусков установлены щеткодержатели, обеспечивающие постоянное нажатие на щетку в пределах установленных норм без регулировки независимо от износа щетки. Корпус щеткодержателя 2 (рис. 17, б) имеет одно гнездо, в которое устанавливается разрезная щетка с резино-

вым амортизатором. Количество щеток уменьшено, таким образом, в 2 раза, и они не имеют наклона.

Якорь тягового генератора (см. рис. 12) состоит из корпуса, сердечника, вала, коллектора, обмотки, деталей крепления. Корпус якоря 16 состоит из сварного стального барабана 20, двух стальных дисков и 10 сварных ребер 21, приваренных к барабану. К торцам барабана приварены литые фланцы: подколлекторный, в который запрессован укороченный вал 19, и задний для соединения якоря с коленчатым валом дизеля.

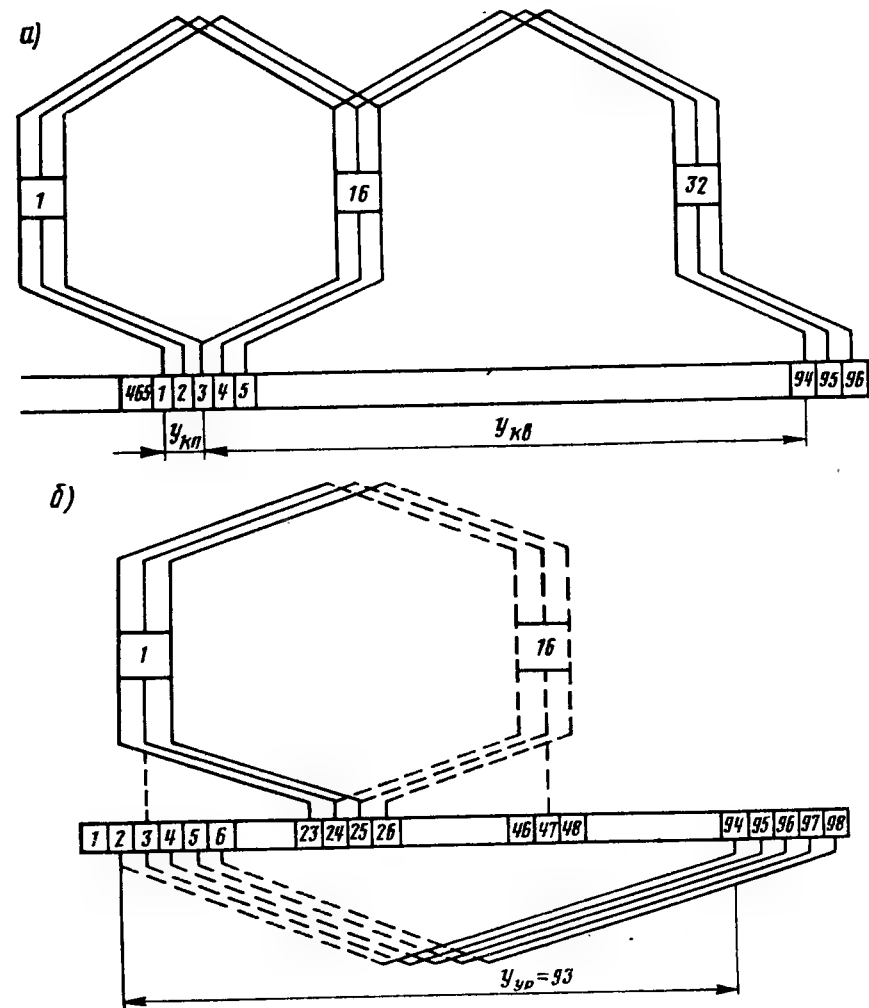


Рис. 18. Принципиальные схемы обмоток якоря тягового генератора ГП-311Б: а — лягушачьей; б — петлевой двухходовой; $y_{кп}$, $y_{кб}$ — соответственно шаг по коллектору петлевой и волновой обмоток; $y_{ур}$ — шаг уравнивательных соединений

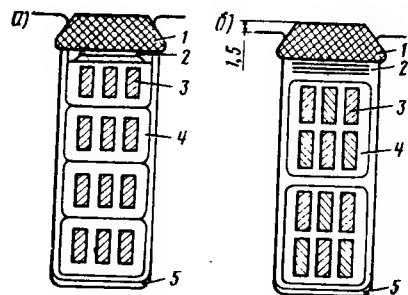


Рис. 19. Разрез паза якоря тигового генератора для обмоток:

а — лягушачья; б — петлевой двухходовой; 1 — клин; 2 — прокладка; 3 — проводники; 4 — микалента; 5 — миканитовая прокладка

Сердечник якоря 12 (см. рис. 12) набран из листов электро-технической стали. Каждый лист набирают из пяти штампованных сегментов и шихтуют их на продольные шпильки 22, проходящие через отверстия в сегментах. Стыки сегментов расположены против середины сегментов предыдущего и последующего слоев. Собранный и напрессованный на корпус сердечник удерживается стальными обмоткодержателями, стянутыми шпильками и прикрепленными к корпусу болтами. При посадке сердечника на корпус он

укрепляется клиновыми шпоиками, входящими в пазы его сегментов и ребер корпуса. Каждый лист сердечника якоря имеет 155 пазов для укладки обмотки. Для вентиляции обмотки якоря в сердечнике создаются радиальные каналы при помощи вентиляционных якорных листов. Для этого сердечник разделяют на пакеты и между ними прокладывают вентиляционные листы с распорками. Распорки к листу крепят расклепыванием шипов, а концы их приваривают точечной сваркой.

Обмотка якоря на ранее выпускаемых генераторах ГП-311Б (рис. 18, а) двухходовая лягушачья. Она состоит из двух одновременно работающих обмоток: петлевой с шагом по пазам 1—16 и волновой с шагом по пазам 1—17. Волновая обмотка выполняет также роль уравнительных соединений для петлевой. Каждая катушка обмотки имеет три одновитковые секции, изолированные друг от друга микалентой (рис. 19, а), а со стороны катушек — микалентой и стеклолентой. Катушки укладывают в пазы сердечника в четыре ряда: верхний и нижний ряды занимают стороны катушек волновой обмотки, два средних ряда — стороны катушек петлевой обмотки. Дно паза изолируется миканитовой прокладкой 5. Обмотка якоря удерживается в пазах текстолитовыми клиньями 1, под которые кладут электроизоляционный картон 2. Лобовые части обмотки укреплены двухслойными проволочными бандажами из немагнитной проволоки диаметром 2 мм, пропайными по окружности припоем ПОС-40. Шаг по коллектору петлевой обмотки 1—3, волновой 3—94 (см. рис. 18, а).

Якорь тягового генератора ГП-311Б последних выпусков имеет петлевую ступенчатую двухходовую обмотку и уравнительные соединения со стороны коллектора. При ступенчатой двухходовой обмотке для крепления лобовых частей обмотки якоря применяются бандажи из стеклоленты на эпоксидной смоле. На рис. 18, б показана схема двухходовой ступенчатой обмотки якоря генератора ГП-311Б с шагом по пазам 1—16, 1—17 и по коллек-

тору — 2. В каждую катушку петлевой двухходовой обмотки входят три одновитковые секции (рис. 19, б). Каждая секция по высоте разделена на два проводника прямоугольного сечения. Изоляция катушки якоря от корпуса осуществляется тремя слоями стеклослюдинитовой ленты и одним слоем стеклянной ленты.

Коллектор состоит (см. рис. 12) из корпуса, коллекторных пластин, изоляционных миканитовых пластин, изоляционных манжет, нажимного конуса и стяжных шпилек.

Коллекторные пластины изготовлены из кадмиевой меди трапециевидного профиля. Нижние части пластины имеют форму ласточкина хвоста. В выточки пластин входят конусные части корпуса коллектора и нажимной шайбы, стянутых стальными шпильками. Пластины коллектора изолируются друг от друга листовым коллекторным миканитом толщиной 1 мм, а от корпуса

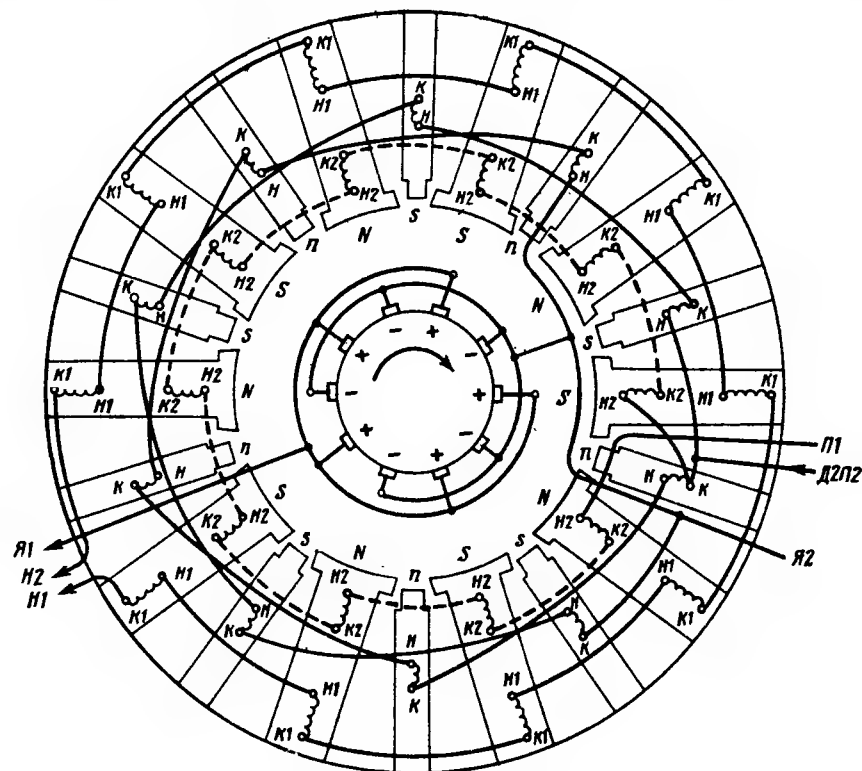


Рис. 20. Схема внутренних соединений тягового генератора ГП-311Б (вид со стороны коллектора):

Y1 и Y2 — начало и конец обмотки якоря; H1, H2 — начало и конец обмотки независимого возбуждения; P1 — начало пусковой обмотки; D2P2 — конец пусковой обмотки и добавочных полюсов; N, K — начало и конец обмотки добавочного полюса; H1, K1 — начало и конец независимой обмотки главного полюса; H2, K2 — начало и конец пусковой обмотки главного полюса; пунктиром показаны соединения катушек пусковой обмотки, которые расположены с противоположной стороны

коллектора и нажимной шайбы — миканитовыми манжетами толщиной 2 мм. Выступающая часть манжеты предохраняется от повреждений бандажом из шнура, покрытого эмалью. Для облегчения коллектора в пластинах выштампованы отверстия.

Для соединения коллектора с обмоткой якоря применены гибкие петушки, изготовленные из медной ленты сечением 2×20 мм. Нижним концом петушок при помощи твердого припоя прикрепляется к коллекторной пластине. К верхней части петушка крепится пластина, в которую впаивают концы секций обмотки и уравнивательные соединения.

Вентиляция тягового генератора — принудительная, осуществляется быстроходным вентилятором, который приводится во вращение от вала дизеля. Охлаждающий воздух подается через задний щит в центральную полость якоря под давлением 1,4 кПа, оттуда проходит по радиальным каналам между пакетами, охлаждая сердечник и обмотку якоря, и выходит через зазор между полюсами и якорем к подшипниковому щиту. От центральной полости якоря вихревой поток воздуха проходит между петушками коллектора, охлаждая коллектор. Часть воздуха из заднего щита проходит также в промежутки между полюсными катушками и охлаждает их.

Принципиальная схема электрических соединений тягового генератора ГП-311Б приведена на рис. 20. При пуске дизеля ток от плюсового зажима аккумуляторной батареи проходит кабель *Я1*, плюсовые щетки, обмотку якоря, минусовые щетки, катушки добавочных полюсов, соединенные в две параллельные ветви, катушки пусковой обмотки и кабелем *П1* возвращается на минусовый зажим батареи.

Пусковая обмотка имеет постоянное соединение с обмоткой добавочных полюсов внутри тягового генератора и через щетки обе они включаются последовательно с обмоткой якоря. При подключении пусковой обмотки к аккумуляторной батареи она выполняет роль обмотки последовательного возбуждения, и генератор начинает работать в режиме электродвигателя, вращая коленчатый вал и осуществляя пуск дизеля.

При работе генератора ток в катушки независимого возбуждения, соединенные последовательно, подается от возбудителя кабелем *Н1* и возвращается на возбудитель кабелем *Н2*.

Ток якоря тягового генератора от плюсовых щеток через кабель *Я2* поступает в тяговые электродвигатели и возвращается в якорь кабелем *Д2П2* через катушки добавочных полюсов и минусовые щетки.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика тягового генератора постоянного тока.
2. Назначение и устройство основных сборочных единиц тягового генератора постоянного тока.
3. Виды обмоток якоря тягового генератора постоянного тока.

2.3. ТЯГОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

На тепловозах 2ТЭ116, ТЭМ7, ТЭП70 с передачей переменного тока применены синхронные генераторы типа ГС, технические данные которых представлены в табл. 5.

Тяговый генератор ГС-501А представляет собой синхронную электрическую машину защищенного исполнения с явно выраженными 12 полюсами на роторе, с независимым возбуждением и принудительной вентиляцией. Он состоит из статора, ротора, подшипникового щита, подшипника (рис. 21).

Статор состоит из корпуса 9, сердечника 10 и обмотки 11. Корпус статора сварен из стальных листов. К корпусу статора параллельно его оси с двух сторон привариваются опорные лапы для установки генератора на поддизельную раму. Перпендикулярно лапам для повышения их жесткости приварены к корпусу статора стальные ребра с проушинами, предназначенными для подъема и транспортировки тягового генератора. В верхней части корпуса

Таблица 5

Электрическая машина	Серия тепловоза	Род тока, возбуждение, вентиляция	Мощность, кВт	Напряжение, В	Ток, А	Частота вращения, мин ⁻¹	Масса, кг
ГС-501А	ТЭП70, ТЭ129	Переменный, независимого возбуждения, с принудительной вентиляцией	2800	580 360	2×1540 2×2400	1000	6000
ГС-501А	2ТЭ116, ТЭ114, ТЭ109	То же	2190	535 290	2×1330 2×2350	1000	6000
ГС-515	ТЭМ7	»	1400	280 175	2×1540 2×2500	1000	5200
Тяговый агрегат А-714: тяговый генератор	2ТЭ121, 2ТЭ116А	»	2800	580 366	2×1520 2×2400	1000	8200
вспомогательный генератор		Переменный, с самовозбуждением, с принудительной вентиляцией	630	400	2×570	1000	

приварены кронштейны, служащие опорами для установки на генераторе синхронного возбудителя и стартер-генератора.

Сердечник статора набран из штампованных сегментов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, которые стягиваются при помощи шпилек и нажимных шайб. Сердечник имеет 144 паза и 120 вентиляционных отверстий диаметром 27 мм.

Обмотка статора двухслойная, волновая, стержневая. Обмотка выполнена из медного изолированного провода. Шаг обмотки по пазам 1—13—25. Секция обмотки прямоугольной формы, соот-

ветствующей форме паза сердечника, выполнена из девяти уложенных друг на друга широкой стороной медных проводников (рис. 22). Лобовые части обмотки крепятся к корпусу статора с помощью пластмассовых обмоткодержателей с запрессованными в них шпильками. Выводы обмотки статора припаиваются к шинам серебросодержащим припоем. Для уменьшения пульсации выпрямленного напряжения обмотка статора выполнена по схеме двух независимых звезд (с двумя параллельными ветвями в каждой), сдвинутых одна по отношению к другой на 30° эл.

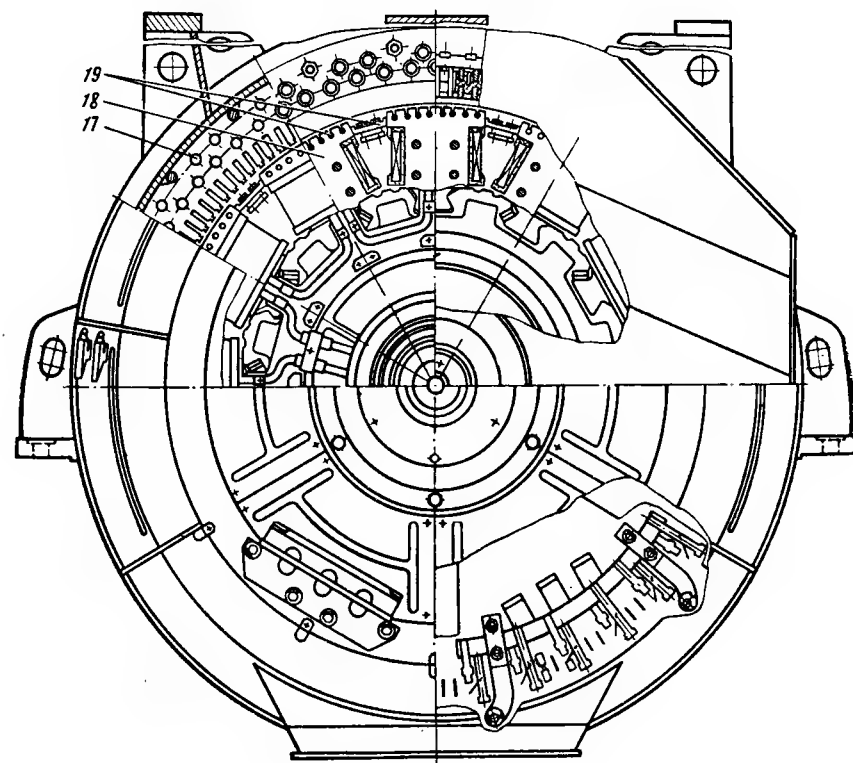
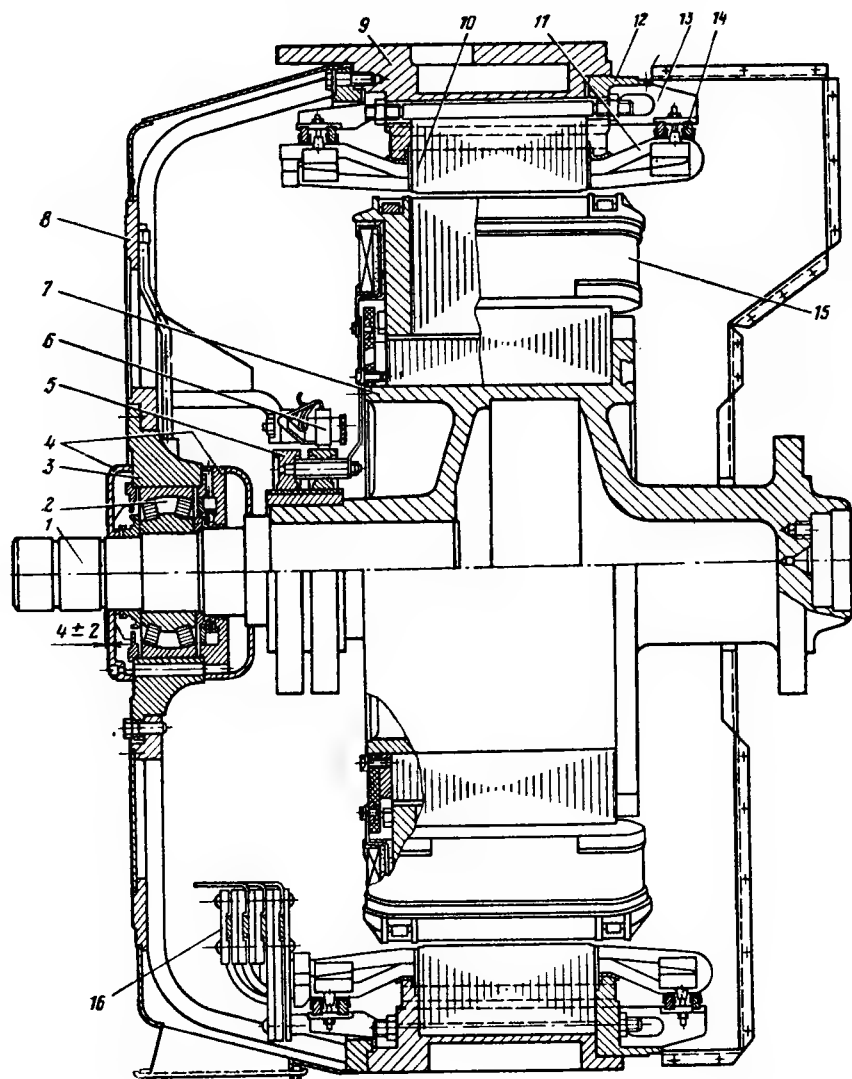


Рис. 21. Синхронный тяговый генератор ГС-501А (продольный и поперечный разрезы):

1 — вал; 2 — сферический роликоподшипник; 3 — ступица подшипника; 4 — крышка подшипника; 5 — контактные кольца; 6 — щеткодержатель со щеткой; 7 — корпус ротора; 8 — подшипниковый щит; 9 — корпус статора; 10 — сердечник статора; 11 — обмотка статора; 12 — нажимная шайба; 13 — ребро; 14 — кольцо; 15 — катушка полюса ротора; 16 — выводы; 17 — вентиляционный канал; 18 — паз; 19 — демпферная обмотка

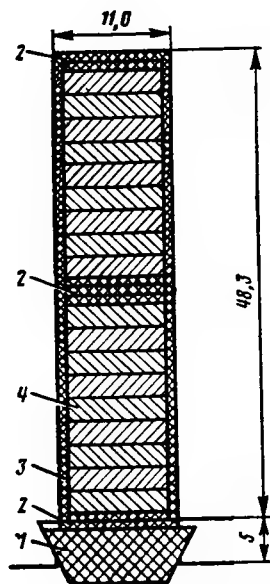


Рис. 22. Расположение обмотки статора в пазу:
1 — клин; 2, 3 — изоляционные прокладки; 4 — медь

Статор имеет шесть фазных выводов, два нулевых и два вывода обмотки возбуждения.

Подшипниковый щит 8 (см. рис. 21) генератора сварной конструкции крепится к корпусу статора болтами. В щите имеется выемная ступица 3, обеспечивающая возможность замены роликподшипника без снятия щита с генератора и без съема генератора с тепловоза.

Крышки 4 подшипникового узла стягиваются болтами, проходящими через осевые отверстия в теле ступицы. Во внутренней полости подшипникового щита на изогнутых ребрах с помощью четырех изоляторов закреплены две подвески, на каждой из которых установлены три радиальных латунных щеткодержателя. Устройство щеткодержателя одинаково с устройством радиального щеткодержателя тягового генератора ГП-311Б. В щеткодержатель устанавливаются щетки марки ЭГ-4 размером $25 \times 32 \times 64$ мм, снабженные резиновым амортизатором. Конструкция щеткодержателя позволяет создавать постоянное усилие нажатия, равное 16,6—19,6 Н.

Ротор состоит из вала, корпуса, сердечника, полюсов, контактных колец. Корпус ротора генератора 7 сварной. С одного конца цилиндрическая часть корпуса имеет стальную втулку, на которую монтируются контактные кольца и запрессовывается вал. Контактные кольца изготовлены из специальной антикоррозионной стали напрессовываются на корпус ротора в горячем состоянии и изолированы от него. С противоположной стороны корпус ротора имеет

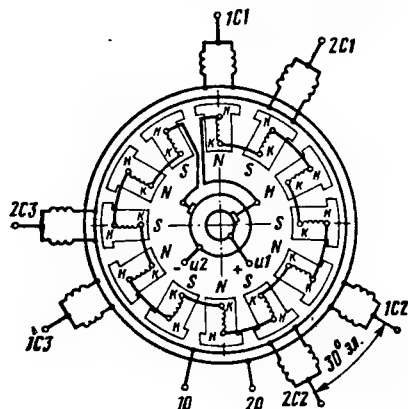


Рис. 23. Схема соединений тягового генератора ГС-501А:
1С1; 2С1; 1С2; 2С2; 1С3; 2С3 — фазные выводы; 10; 20 — нулевые выводы обмотки возбуждения

фланец для крепления с коленчатым валом дизеля. На корпус ротора напрессовывается сердечник, состоящий из пакета стальных листов толщиной 2 мм. В листах сердечника выштампованы пазы в форме «ласточкина хвоста», в которых крепят клиньями полюсы. Полюс состоит из сердечника и обмотки. Сердечник полюса ротора набран из листов стали толщиной 1,4 мм, спрессован и стянут четырьмя стальными шпильками. Катушки полюсов ротора выполнены из медной ленты $1,35 \times 25$ мм, гнутой на ребро. Между витками меди проложена изоляция. Катушка пропитана в сборе с сердечником полюса в эпоксидном компаунде и имеет изоляцию типа «Монолит-2» класса F. Все выводы полюсов ротора с помощью контактных сегментов и болтов соединены последовательно. Катушки с прямой и перекрещенной намоткой витков меди устанавливаются на роторе через одну. В пазы полюсных наконечников встроена демферная обмотка 19 (см. рис. 21), состоящая из медных стержней, соединенных между собой по торцам короткозамыкающими сегментами. Эта обмотка снижает перенапряжение на фазах в динамических режимах работы генератора. Подшипник ротора 2 самоустанавливающийся, двухрядный со сферическими роликами. На рис. 23 приведена схема соединений тягового генератора ГС-501А.

Контрольные вопросы

1. На каких тепловозах применяются тяговые генераторы переменного тока?
2. Назначение и техническая характеристика тягового генератора переменного тока.
3. Назначение и устройство основных сборочных единиц тягового генератора переменного тока.

2.4. ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Тяговые электродвигатели служат для преобразования электрической энергии в механическую и передачи вращательного момента к колесным парам. Тепловозы с электрической передачей имеют индивидуальный привод колесных пар, т. е. каждая колесная пара приводится во вращение отдельным тяговым электродвигателем. Вращающий момент от тягового электродвигателя к колесной паре при индивидуальном приводе передается при помощи одноступенчатого тягового редуктора, состоящего из двух цилиндрических шестерен: ведущей на валу двигателя и ведомой на оси колесной пары. На тепловозах из-за ограниченных габаритов для размещения тягового электродвигателя применяется односторонняя, несимметричная относительно оси тепловоза прямозубая передача.

На тепловозах с передачей мощности постоянного или переменного тока применяются тяговые электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением. Тяговые электродвигатели выполняются в основном с опорно-осевым подвешиванием, и только на пассажирских тепловозах ТЭП60, ТЭП70, ТЭП75 и

грузовом тепловозе 2ТЭ121 они имеют опорно-рамную подвеску. При опорно-осевом подвешивании тяговый электродвигатель опирается на среднюю часть оси колесной пары, имеющую специальные опорные шейки, двумя моторно-осевыми подшипниками. Третья опора тягового двигателя выполнена упругой в виде пружинного комплекта, состоящего из четырех пружин. Пружинный комплект вставляется между выступами кронштейнов рамы тележки и на него специальными носиками опирается тяговый электродвигатель.

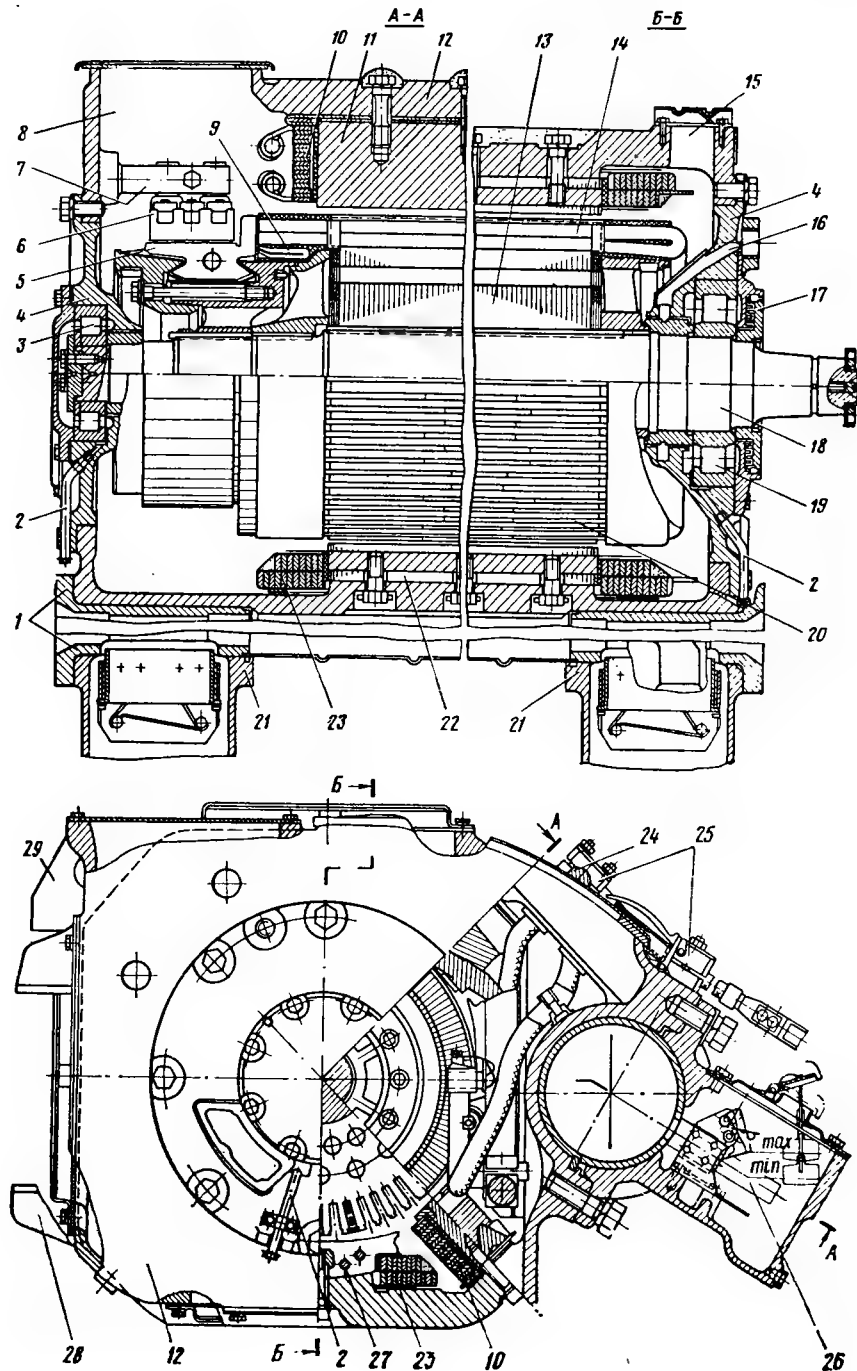
Основные технические данные тяговых электродвигателей приведены в табл. 6. С 1975 г. на всех тепловозах мощностью до 2200 кВт устанавливаются тяговые электродвигатели ЭД-118А. Тяговый электродвигатель ЭД-118А (рис. 24) состоит из остова 12, катушек главных 23 и добавочных 10 полюсов, подшипниковых щитов 4, якорных подшипников 3, 19, якоря, моторно-осевого подшипника.

Остов 12 является магнитопроводом тягового двигателя, к нему крепятся главные и добавочные полюсы, подшипниковые щиты и моторно-осевые подшипники. Остов тягового двигателя отлит из углеродистой стали и имеет восьмигранную форму. Главные полюсы расположены по горизонтальной и вертикальной осям, а добавочные — по осям, наклоненными под углом 45° к горизонтали. Это позволяет получить минимальные габаритные размеры тягового электродвигателя. С торцов остов имеет расточки для подшипниковых щитов. На остове имеются два прилива (носика) для опоры на пружинную подвеску и малые приливы, которые служат для предохранения двигателя от падения при поломке пружины подвески или верхнего носика, а кроме того, они служат для транспортировки. С противоположной стороны остов имеет расточки для постелей моторно-осевых подшипников. В верхней части остова со стороны коллектора имеется вентиляционное отверстие, которое соединено с вентиляционным каналом брезентовым рукавом. Охлаждающий воздух выбрасывается через выпускные отверстия 15, защищенные сетками и щитками. Для осмотра коллектора и щеток остов имеет три люка: верхний, нижний и боковой, закрываемые крышками. Верхняя крышка запирается замком, а нижняя и боковая крепятся на болтах. Для предотвращения попадания пыли и влаги в коллекторную камеру крышки имеют уплотнение. С противоположной от коллектора стороны остов имеет приливы с резьбой для болтов крепления кожухов зубчатой передачи. Для вывода кабелей в остове имеются четыре отверстия, которые защищены от проникновения влаги резиновыми втулками. Кабельные выводы крепятся к остову зажимами 25 из древеснослоистого пластика.

Главные полюсы тягового электродвигателя состоят из сердечника 22 и катушки 23. Сердечник набран из пластин малоуглеродистой стали толщиной 2 мм и стянут четырьмя заклепками 27. Крайние листы сердечника имеют большую толщину. В середине каждого листа сердечника выштамповано отверстие, куда запрессовывается стальной стержень, в который вворачиваются три болта, крепящих полюс к остову тягового электродвигателя. Го-

Таблица 6

Тип тягового электродвигателя	Серия тепловоза	Номинальная мощность, кВт	Ток длительно-го действия, А	Напряжение длительно-го, В	Частота вращения, мин ⁻¹		Переда-точное отношение	Тип под-вески	Воздуш-ный зазор под середи-ной главного полюса, мм	Воздуш-ный зазор под добавоч-ным по-люсом, мм	Число коллек-торных пластин	Мас-са, кг
					длитель-ная	макси-мальная						
ДК-304Б	ТЭ1, ТЭ2	152	725	235	425	2200	4,69	Опорно-осевая	2,75	4	150	2550
ЭДТ-200Б	ТЭ3, ТЭ7, ТЭМ1	206	820	275	500	2200	4,41	То же	4,50	6,5	150	3300
ЭДТ-104	2ТЭ10Л, ТЭП10	307	710	470	605	2480	4,93	»	4,50	8,0	232	2850
ЭД-107	ТЭ10, 2ТЭ10Л	305	720	463	580	2290	4,53	»	7,0	10	216	3100
ЭД-108А	ТЭП60, 2ТЭП60	305	700	475	610	1870	2,32	Опорно-рамная	7,0	10	216	3350
ЭД-118А	ТЭМ2, ТЭМ2М	105	605	203	247	1300	4,41	Опорно-осевая	7,0	10	216	3100
ЭД-118А	М62, 2М62	192	595	356	474	2290	4,41	»	7,0	10	216	3100
ЭД-118А	2ТЭ10М, 3ТЭ10М	305	720	463	585	2290	4,41	»	7,0	10	216	3100
ЭД-118Б	2ТЭ11Б, 2ТЭ11БА	135	800	205	245	1890	4,41	»	7,0	10	216	3000
ЭД-120А	ТЭМ7	413	830	542	704	2320	3,12	Опорно-рамная	—	—	—	2950
ЭД-121А	ТЭП70											



ловки болтов заливаются компаундом от проникновения влаги внутрь тягового электродвигателя.

Катушка главного полюса (рис. 25, а) намотана из шинной меди на широкое ребро (плашмя) в два слоя. Витки катушки главных полюсов изолированы друг от друга асбестовой электроизоляционной бумагой. Каждая катушка главного полюса состоит из двух полукатушек с числом витков 11 и 8, соединенных последовательно.

Две катушки главных полюсов имеют открытые, а две — перекрытые выводы. Между катушкой и остовом тягового электродвигателя устанавливается стальная прокладка толщиной 1 мм для предохранения изоляции катушки от грубо обработанной поверхности остова. Между катушкой и башмаком полюса установлена двухслойная пружинная рамка, создающая после затяжки болтов крепления полюса давление на катушки и весь полюс. Это предотвращает перемещение катушки на сердечнике полюса при уменьшении высоты катушки, усыхании изоляции и отворачивании болтов крепления полюса. В табл. 7 приведены данные обмоток тягового электродвигателя.

Добавочные полюсы предназначены для улучшения коммутации тягового электродвигателя. Они состоят из сердечника и катушки (рис. 26). Сердечник добавочного полюса цельный. Башмак 9 сердечника 4 уже, чем основное тело. Для удержания катушки с двух сторон башмака приклепаны немагнитные полюсные наконечники из латуни или дюралюминия. Для надежности крепления наконечники опираются на выступ сердечника. С целью предотвращения перемещения катушки вдоль сердечника и отворачивания болтов крепления полюса между катушкой и остовом тягового электродвигателя устанавливается пружинная рамка. Между сердечником и остовом поставлены дюралюминиевые немагнитные прокладки, увеличивающие воздушный зазор в магнитной цепи. Катушка добавочного полюса выполнена из шинной меди, намотанной на узкое ребро. Между витками катушки установлены прокладки из асбестовой электроизоляционной бумаги. Наружная поверхность средних витков, кроме трех-четырех крайних, не изолируется, а от корпуса они изолируются пятью прокладками из асбестовой электроизоляционной бумаги. Это сделано для охлаждения добавочного полюса. Крайние с каждой стороны три-четыре витка изолируются в три слоя лентой ЛС и в один слой стеклотентой. Катушка добавочного полюса надевается на каркас 7. Для изоляции катуш-

Рис. 24. Тяговый электродвигатель ЭД-118А (продольный и поперечный разрез):

1 — вкладыш моторно-осевого подшипника; 2 — трубка подачи смазки; 3, 19 — якорные подшипники; 4 — подшипниковые щиты; 5 — коллектор; 6 — корпус щеткодержателя; 7 — крошитель; 8 — вентиляционные отверстия; 9 — уравнивательные соединения; 10 — катушка добавочного полюса; 11 — сердечник добавочного полюса; 12 — остова; 13 — сердечник якоря; 14 — обмотка якоря; 15 — выпускные отверстия; 16 — дренажное отверстие; 17 — лабиринтное кольцо; 18 — вал; 20 — стеклотекстолитовый клин; 21 — крышки моторно-осевого подшипника; 22 — сердечник главного полюса; 23 — катушка главного полюса; 24 — выводной кабель; 25 — зажимы; 26 — смазочный фитиль; 27 — заклепка; 28, 29 — опорные и предохранительные приливы

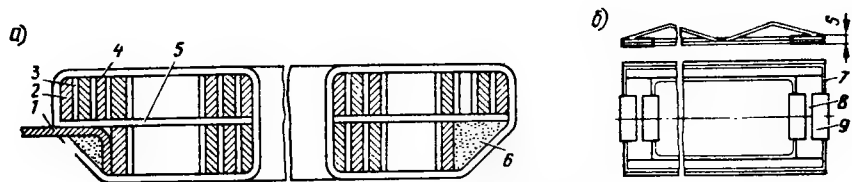


Рис. 25. Главный полюс тягового электродвигателя ЭД-118А:

а — катушка; б — пружинная рамка; 1 — выводы; 2 — медь; 3 — межвитковая изоляция; 4 — изоляция от корпуса; 5 — прокладка; 6 — замазка; 7 — рамка; 8 — пластинчатая пружина; 9 — пластина

ки ее вместе с каркасом пропитывают в компаунде, а затем покрывают эмалью.

Схема соединения обмоток полюсов тягового электродвигателя ЭД-118А со стороны коллектора показана на рис. 27. Катушки добавочных полюсов соединены гибкими проводами, а главных — шинами из медной ленты, изолированными асбестовой, резиновой и стеклянной лентами.

В подшипниковый щит со стороны коллектора (см. рис. 24) устанавливается роликовый опорно-упорный подшипник, который воспринимает не только радиальные, но и осевые нагрузки. Для этого наружная обойма подшипника имеет с внутренней стороны два бурта, в которые могут упираться торцы роликов, внутренняя обойма имеет только один бурт со стороны коллектора, а с другой стороны торцы роликов могут упираться в упорное кольцо, которое закрепляется на валу шайбой и болтами, ввернутыми в торец вала. Продольный разбег вала якоря тягового электродвигателя в собранном состоянии должен быть 0,08—0,5 мм. Снаружи подшипник закрыт крышкой, а для предотвращения попадания смазки на якорь имеется лабиринтное уплотнение, состоящее из лабиринтного кольца, напрессованного на вал якоря и лабиринтного кольца подшипникового щита. Подшипниковый щит крепится к основанию болтами с пружинными шайбами, кроме того, подшипниковый щит имеет отверстия с резьбой, которые служат для выпрессовки подшипникового щита при разборке тягового электродвигателя. В подшипниковый щит со стороны шестерни устанавливается опорный роликовый подшипник, который отличается от опорно-упорного тем, что внут-

ренняя обойма не имеет бурта. Попадание смазки из подшипника внутрь тягового электродвигателя предотвращается лабиринтовым уплотнением, состоящим из лабиринтного кольца подшипникового щита. Кроме того, с внутренней стороны предусмотрен воздушный канал (дренажное отверстие) 16 (см. рис. 24) в щите с комбинированными уплотнениями. Снаружи подшипник закрыт крышкой, имеющей лабиринтное кольцо. В канавки лабиринтного кольца крышки входят выступы посаженного на вал лабиринтного кольца. Наружное лабиринтовое уплотнение предотвращает утечку смазки из подшипника. Выточки в щитах под роликовые подшипники и посадочные поверхности щитов должны быть строго концентричны. Биение этих поверхностей допускается не более 0,1 мм. К кронштейнам тягового электродвигателя крепятся четыре щеткодержателя.

Каждый щеткодержатель (рис. 28) состоит из латунного корпуса 1, двух стальных пальцев 3, изолятора 4, щеток 5, втулки 6, стальной пружины 2. Корпус щеткодержателя имеет два гнезда для щеток: в одно вставляется одна разрезная щетка, а во второе — две. На корпусе щеткодержателя имеются резьбовые отверстия для подсоединения шунтов щеток и соединительных проводов. В корпус щеткодержателя запрессованы пальцы 3, служащие для крепления щеткодержателей в кронштейнах. Пальцы изолированы твердым изоляционным слоем из эпоксидного компаунда, на который надеты изоляторы из пресс-материала. На тяговых электро-

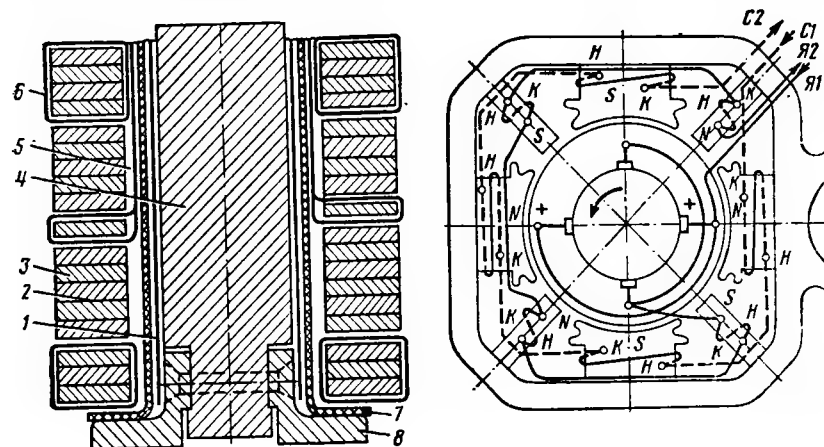


Рис. 26

Рис. 27

Рис. 26. Добавочный полюс тягового электродвигателя ЭД-118А:

1 — прокладка; 2 — межвитковая изоляция; 3 — медь; 4 — сердечник; 5 — замазка ПП; 6 — корпусная изоляция; 7 — каркас катушки; 8 — наконечник сердечника

Рис. 27. Схема соединения обмоток полюсов и якоря тягового электродвигателя ЭД-118А:

Я1, Я2 — выводы обмотки якоря и добавочных полюсов; С1, С2 — выводы обмотки возбуждения главных полюсов; Н — начало обмотки; К — конец обмотки

Таблица 7

Обмотки	Класс изоляции	Число витков	Сопротивление при температуре 15°C, Ом	Марка провода	Размер провода без изоляции, мм
Главных полюсов	F	19	0,0105	Шинная медь	8×25
Добавочных полюсов	F	17	0,00812	МГМ	6×30
Якоря	F	216/4	0,013	ШММ ПЭТВСД	1,69×6,4

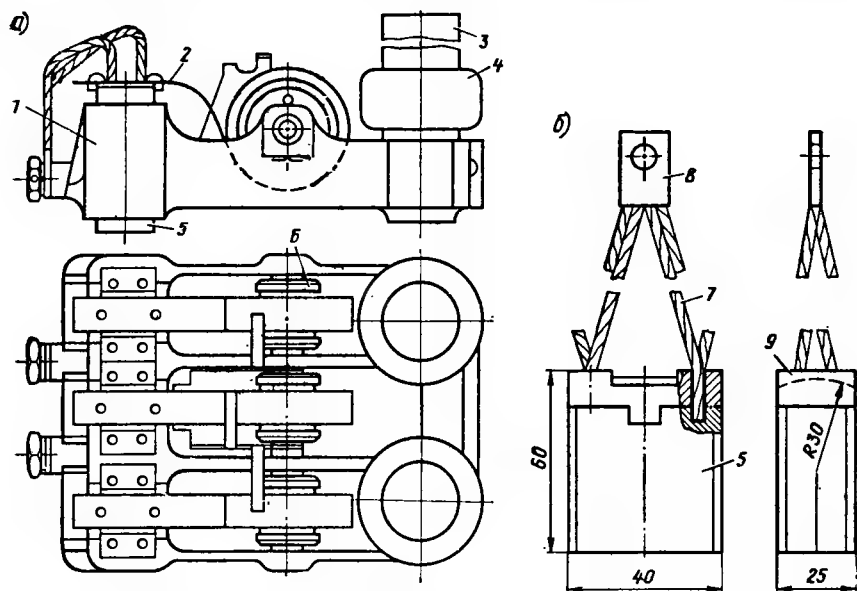


Рис. 28. Щеточный аппарат тягового электродвигателя ЭД-118А:

а — щеткодержатель; б — щетка; 1 — корпус щеткодержателя, 2 — стальная пружина; 3 — палец щеткодержателя; 4 — изолятор; 5 — щетка; 6 — втулка; 7 — шунт; 8 — наконечник; 9 — амортизатор

двигателях ЭД-118А применяются щетки марки ЭГ-61 размером 2 (12,5×40×60) мм.

Каждая разрезная щетка имеет резиновый амортизатор 9, резина амортизатора должна обеспечивать упругость при температурах от -40 до $+120^{\circ}\text{C}$, так как амортизатор предназначен поглощать небольшие удары и толчки, не допуская отрыва щеток от коллектора. Подсоединяются щетки к корпусу щеткодержателя с помощью гибких шунтов 7, имеющих наконечник 8. Нажатие щеток на коллектор осуществляется стальными пружинами, один конец которой упирается в резиновый амортизатор щетки, а второй входит в паз втулки, которая фиксируется на оси шплинтом. Регулировка нажатия осуществляется поворотом и фиксацией втулки на оси.

Моторно-осевой подшипник (рис. 29) состоит из двух вкладышей, постели (расточки в осто́ве тягового электродвигателя), крышки (шапки) и болтов крепления крышки моторно-осевого подшипника. Вкладыши моторно-осевых подшипников изготавливают из бронзы, вкладыш крышки имеет окно для подвода смазки. Крышка моторно-осевого подшипника является резервуаром для смазки, которая подается к подшипнику при помощи двух войлочных пальцев 15, закрепленных в коробке 14 скобами 13. Коробка может перемещаться в корпусе 12, опираясь на четыре

пластинчатые пружины 11, одним концом прикрепленные к коробке, а другим скользящие по его пазу. Пластинчатые пружины 11 прижимают коробку к корпусу, одновременно допуская перемещение ее в корпусе. Коробка 14 с пальстерным пакетом 15 прижимается через отверстие во вкладыше 16 моторно-осевого подшипника к шейке пружиной 9 с усилием 40—60 Н. Рычаг 10 с пружиной 9 закреплены осями 1, 2 на корпусе 12, а корпус на нижней части ванны крышки моторно-осевого подшипника. Ванна имеет отстойник, куда сливается конденсат, который через пробку 7 сливают наружу. Количество смазки в коробке определяют по уровню поплавка 4. Для этого открывают крышку 6, поплавок всплывает и по рискам на штыре определяют количество смазки.

Якорь тягового электродвигателя ЭД-118А состоит из вала, сердечника, нажимных шайб, коллектора и обмотки. Вал якоря 18 (см. рис. 24) изготовлен из легированной стали, переходы от одного диаметра вала к другому плавные, посадочные места шлифованы, один конец вала имеет конус 1:10 для посадки шестерни. Шестерня ставится на вал в горячем состоянии без шпонки.

Сердечник 13 якоря набран из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, крайние — 1 мм, друг от друга листы изолированы лаком. Каждый лист имеет 54 паза и два ряда вентиляцион-

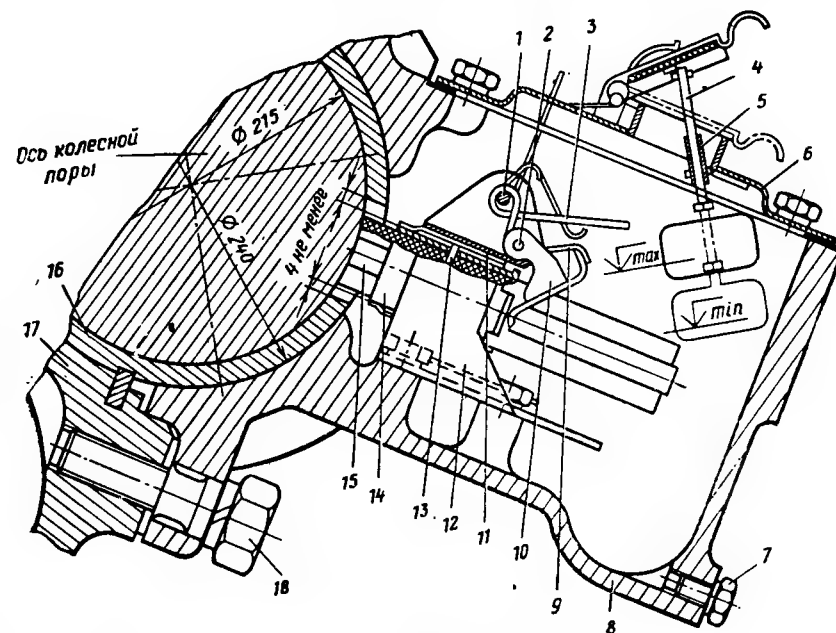


Рис. 29. Моторно-осевой подшипник тягового электродвигателя ЭД-118А:

1, 2 — оси; 3 — фиксатор; 4 — поплавок; 5 — втулка; 6 — крышка; 7 — пробка; 8 — крышка моторно-осевого подшипника; 9 — пружина; 10 — рычаг; 11 — пластинчатая пружина; 12 — корпус; 13 — скоба; 14 — коробка; 15 — пакет пальстерный; 16 — вкладыш; 17 — постель моторно-осевого подшипника; 18 — болт

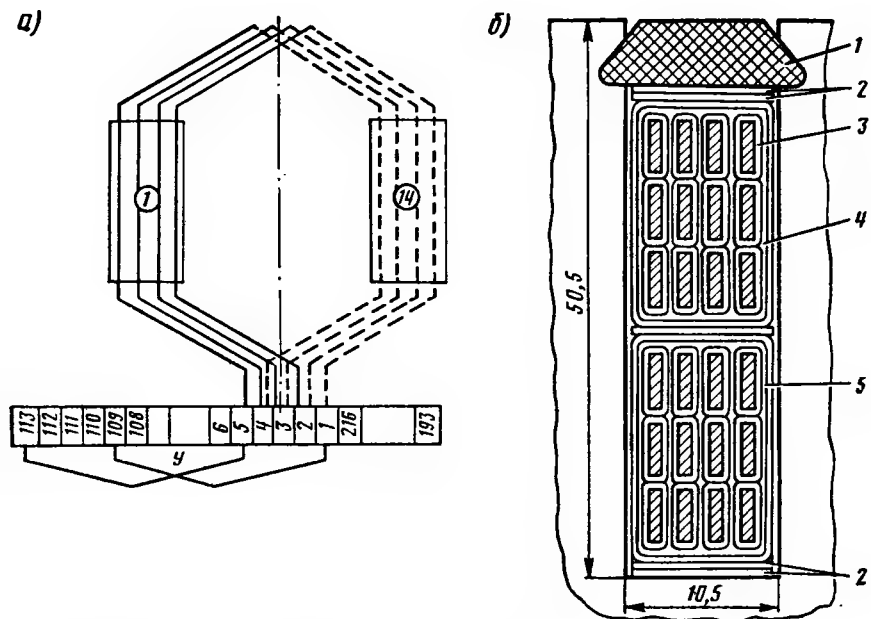


Рис. 30. Обмотка якоря тягового электродвигателя ЭД-118А:

а — схема; б — разрез паза; 1 — клин; 2 — прокладки под клин и на дно паза; 3 — медь; 4 — прокладка между катушками; 5 — изоляция от корпуса; 1—216 — коллекторные пластины; 1, 14 — пазы сердечника; у — уравнивающие соединения

ных отверстий в количестве 32 шт. По торцам сердечник удерживается на валу двумя нажимными шайбами, которые одновременно являются и обмоткодержателями. Собранный сердечник без обмотки покрывают эмалью и запекают. Нажимные шайбы перед укладкой обмотки якоря покрывают стеклотканью, пропитанной в эпоксидном лаке, опрессовывают и запекают.

Коллектор тягового электродвигателя состоит из втулки, нажимного конуса, двух изоляционных манжет, изоляционного цилиндра, стяжных болтов, коллекторных пластин и пластин коллекторного миканита.

Коллекторные пластины вместе с петушками штампуются из меди, легированной кадмием или серебром. Нижняя часть каждой коллекторной пластины выполнена в форме «ласточкина хвоста». Конический выступ втулки и нажимной конус входят в выточки пластин и стягиваются 12 болтами. Коллекторные пластины изолируются друг от друга коллекторным миканитом толщиной 1,2 мм, а от конуса — миканитовым цилиндром и манжетами толщиной 2 мм. Выступающий конец манжеты защищен бандажом из стеклотканевой ленты, покрытым сверху эмалью. В прорези петушков впаивают концы секций обмотки якоря. Каждая четвертая пластина имеет более глубокую прорезь, в нее впаивают концы уравнивающей обмотки.

Обмотка якоря петлевая с уравнивающими соединениями и имеет шаг по пазам 1—14, по коллектору — 1—2 (рис. 30, а). Катушка обмотки (рис. 30, б) состоит из четырех расположенных по ширине паза секций. Каждая секция состоит из трех проводников, расположенных по высоте паза. В пазу катушка изолирована тремя слоями вполуперекрышу стеклослюдинитовой ленты толщиной 0,1 мм и одним слоем вполуперекрышу стеклотекстолитовой ленты толщиной 0,1 мм. Удерживается обмотка в пазу стеклотекстолитовым клином, на дно паза и под клин укладываются прокладки 2 из стеклотекстолита толщиной 0,35 мм. В задних лобовых частях обмотки между секциями устанавливаются прокладки из стеклотекстолита, а передние лобовые части имеют между витками секций прокладки из слюды. Концы катушек в изгибах изолируются одним слоем полиамидной пленки толщиной 0,04 мм. В лобовых частях обмотки якоря удерживается стеклобандажами, которые в процессе сушки запекают, т. е. они становятся монолитными. Под передними лобовыми частями обмотки якоря находятся уравнивающие соединения, выполненные из меди. Шаг уравнивающих соединений по коллектору 1—109, 5—113.

Вращающий момент от тягового электродвигателя на ось колесной пары передается при помощи ведущей (малой) шестерни, напрессованной на вал якоря, и ведомого зубчатого колеса, напрессованного на ось колесной пары. Ведущая шестерня и ведомое зубчатое колесо закрыты кожухом (рис. 31), состоящим из двух частей — верхней 1 и нижней 12, соединенных болтами с зашплинтованными гайками. Кожух сварной конструкции из стальных листов толщи-

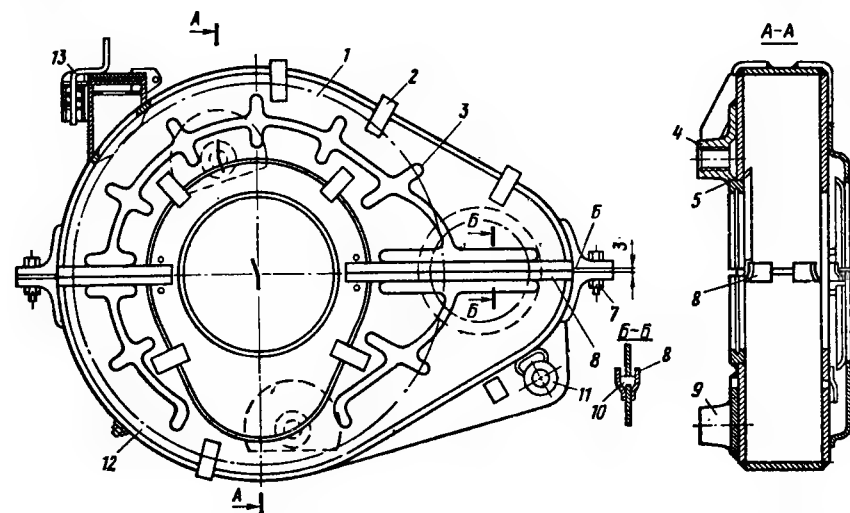


Рис. 31. Кожух зубчатой передачи:

1 — верхняя часть кожуха; 2 — скобы; 3 — ребра жесткости; 4, 9, 11 — болты; 5 — полукольцо отбойное; 6 — прокладки; 7 — болты; 8 — накладки уплотнительные; 10 — уплотнение; 12 — нижняя часть кожуха; 13 — горловина для заливки масла

ной от 3 до 7 мм. Боковины кожуха со стороны тягового электродвигателя изготовлены из листов толщиной 7 мм, а со стороны буксы — 4 мм. На листах кожуха со стороны буксы выштампованы ребра жесткости 3. На нижней и верхней половинках кожуха в местах соединения имеются уплотнительные накладки 8. Для повышения прочности к кожуху снаружи по периметру в отдельных местах приварены накладки и охватывающие скобы 2. Чтобы предупредить вытекание масла из кожуха со стороны тягового двигателя в паз, образованный уплотняющими накладками 8, закладывается уплотнение 10. Для обеспечения сжатия уплотняющего кольца между верхней и нижней частями кожуха по линии разъема предусмотрен зазор 3 мм за счет прокладок 6, уложенных под лапы. Со стороны буксы уплотнение достигается за счет отбойного полукольца 5, укрепленного на стенке верхней части кожуха, и отбойного кольца на ведомой шестерне. Горловина 13 имеет лабиринтовое уплотнение. Кожух крепится к остоу тягового двигателя тремя болтами: два, ввернутые в бонки 9 и 11, крепят нижнюю половину кожуха, а один, ввернутый в бонку 4,— верхнюю часть кожуха.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика тяговых электродвигателей.
2. Назначение и устройство основных сборочных единиц тяговых электродвигателей.
3. Схема соединения обмоток главных и добавочных полюсов.
4. Назначение и устройство зубчатой передачи.

2.5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Возбудители и вспомогательные генераторы на тепловозах с электрической передачей переменного-постоянного тока обеспечивают работу в различных режимах. Характеристики возбудителей и вспомогательных генераторов приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 8

Тип возбудителя	Серия тепловоза	Мощность, кВт	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹
МВТ-25/9 В-600	ТЭМ2, ТЭМ2М 2ТЭ10М, ТЭП60, 2ТЭП60, М62, 2М62, 2ТЭ10В	5,6 20,6	75 165	75 125	2000 1800
ВС-650	ТЭП70, 2ТЭ116, ТЭМ7	26	287	146	3300 (220 Гц)

Таблица 9

Тип вспомогательного генератора	Серия тепловоза	Мощность, кВт	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹
МВГ-25/11 ВГТ-275/120	ТЭМ2, ТЭМ2М 2ТЭ10М, ТЭП60, 2ТЭП60, М62, 2М62, 2ТЭ10В	5,75 12	75 75	77 160	2000 1800
ПСГ	2ТЭ121, 2ТЭ116, ТЭП70	50	110	465	3300
2ПСГ	ТЭМ7	55	110	500	2000

Двухмашинный агрегат тепловозов ТЭМ2, ТЭМ2М, ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 состоит из вспомогательного генератора МВГ-25/11 и возбудителя МВТ-25/9 (рис. 32). Это самовентилируемая машина защищенного исполнения. Вентилятор центробежного типа, расположенный в середине агрегата, засасывает воздух со стороны коллекторов и выбрасывает его через отверстие сетки, закрывающей верхние вырезы в центральной части станины. Возбудитель предназначен для питания независимой обмотки возбуждения тягового генератора, а вспомогательный генератор питает об-

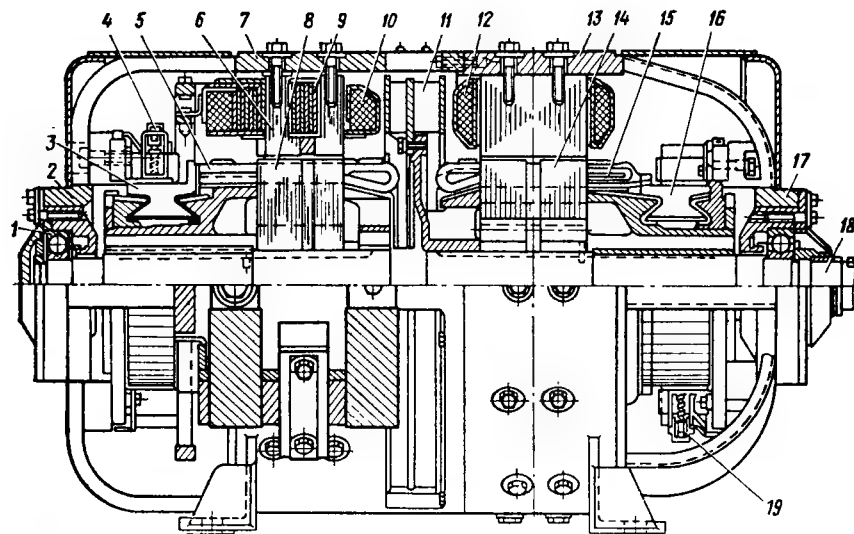


Рис. 32. Двухмашинный агрегат с возбудителем МВТ-25/9 и вспомогательным генератором МВГ-25/11:

1 — шарикоподшипник; 2, 17 — подшипниковые щиты возбудителя и вспомогательного генератора; 3, 16 — коллекторы; 4, 19 — щеткодержатели; 5, 15 — обмотки якоря; 6 — сердечник главного полюса возбудителя; 7, 13 — станины возбудителя и вспомогательного генератора; 8, 14 — сердечники якорей возбудителя и вспомогательного генератора; 9 — дифференциальная обмотка возбудителя; 10 — параллельная обмотка возбуждения возбудителя; 11 — вентиляционное колесо; 12 — главный полюс вспомогательного генератора; 18 — вал якоря

мотку параллельного возбуждения возбуждателя, цепи управления, вспомогательные цепи, а также служит для зарядки аккумуляторной батареи. Двухмашинный агрегат состоит из следующих основных частей: станины возбуждателя и вспомогательного генератора, их якорей, коллекторов, щеткодержателей, главных и добавочных полюсов, вентилятора и подшипников.

Станины 7, 13 возбуждателя и вспомогательного генератора составляют общий разъемный корпус. Между собой станины стянуты болтами. Снизу к ним приварены четыре лапы для крепления двухмашинного агрегата.

Возбудитель МВТ-25/9. К станине возбуждателя 7 крепятся четыре главных полюса. Каждый главный полюс возбуждателя состоит из сердечника и обмотки. Сердечники 6 набраны из стальных листов толщиной 2 мм и разделены латунной прокладкой на две части неравного сечения. Часть сердечника меньшего сечения (насыщенная) охватывается дифференциальной обмоткой 9, имеющей семь витков из медной полосы размером $2,63 \times 47$ мм. Параллельная обмотка возбуждения 10 охватывает обе части сердечника (насыщенную и ненасыщенную) и имеет 242 витка из изолированного медного провода марки ПВД диаметром 1,95 мм. В собранном виде катушки обмоток компаундированы и покрыты эмалью. Катушки обмоток возбуждателя выполняются с открытыми и перекрещивающимися выводами. Магнитные потоки параллельной и дифференциальной обмоток направлены встречно, поэтому поток под общей частью полюса определяется разностью этих потоков. Электродвижущая сила, индуцируемая результирующим потоком, суммируется с э.д.с., индуцируемой магнитным потоком параллельной обмотки другой части полюса, и с увеличением тока генератора уменьшается. Такая характеристика возбуждателя создает гиперболическую внешнюю характеристику тягового генератора.

К торцу станины возбуждателя крепится подшипниковый щит 2. На нем установлена изолированная траверса с четырьмя щеткодержателями. Траверса допускает сдвиг щеткодержателей при их установке в нейтральное положение. В каждый щеткодержатель устанавливается по одной щетке марки ЭГЧ размером $12,5 \times 44 \times 40$ мм. Нажатие на щетку должно быть 10—11 Н. В центре подшипниковый щит имеет гнездо для установки капсулы подшипника. По валу полость подшипника уплотняется лабиринтовым уплотнением, а снаружи — крышкой.

Якорь возбуждателя состоит из сердечника, обмотки 5, коллектора 3 и вала 18. Сердечник набран из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Сердечник возбуждателя от сердечника вспомогательного генератора отделен магнитным экраном, состоящим из 26 латунных листов. На валу сердечник удерживается шпонкой. Листы сердечника имеют 45 пазов, куда укладывается волновая двухслойная обмотка из прямоугольного изолированного провода марки ПВД размером $1,6 \times 6,9$ мм. Каждая

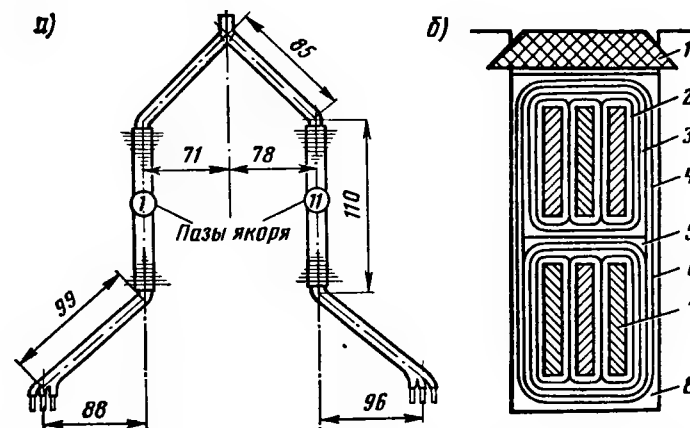


Рис. 33. Секция обмотки якоря (а) и ее расположение в пазу (б) якоря возбуждателя МВТ-25/9:

1 — гетинаксовый клин; 2 — бумага, пропитанная в лаке; 3 — миканитовая бумага; 4 — лента батистовая; 5, 8 — прокладки миканитовые; 6 — прессшпан; 7 — медь

секция состоит из трех проводников (рис. 33). В паз сердечника укладываются две полусекции. Между секциями и на дно паза укладываются миканитовые прокладки. Обмотка в пазах удерживается гетинаксовыми клиньями, а лобовые части обмотки удерживаются бандажами из проволоки диаметром 1,2 мм. Концы секций обмотки якоря припаяны к петушкам коллекторных пластин. Шаг обмотки по пазам 1—11, по коллектору 1—68. Коллектор возбуждателя содержит 135 пластин.

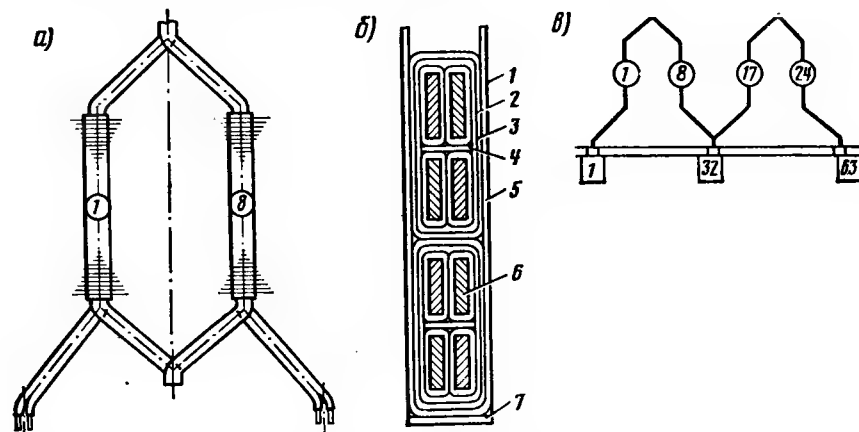


Рис. 34. Обмотка якоря вспомогательного генератора МВГ-25/11:

а — секция; б — расположение обмотки в пазу; в — схема; 1 — пропитанная в лаке бумага; 2 — миканитовая бумага; 3 — лента батистовая, пропитанная в лаке; 4 — прокладка из прессшпана; 5 — прессшпан; 6 — медь; 7 — миканитовая прокладка

Вспомогательный генератор МВГ-25/11. Он является генератором постоянного тока параллельного возбуждения. Магнитная система (см. рис. 32) состоит из станины 13, шести главных 12 и шести добавочных полюсов. Сердечники главных полюсов набраны из стальных листов толщиной 2 мм, которые скреплены стальными заклепками. Катушка главного полюса имеет 394 витка провода марки ПБД диаметром 1,56 мм, уложенных в 14 слоев. Сопротивление обмотки возбуждения при температуре 15°C равно 9 Ом.

Сердечники добавочных полюсов литые стальные, катушки намотаны из меди МГМ размером 0,8×30 мм.

Сердечник якоря набран из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Листы имеют вентиляционные отверстия, паз для шпонки и 46 пазов, куда укладывается волновая обмотка с двумя параллельными ветвями. Секция обмотки выполнена из прямоугольной меди размером 1,56×5,1 мм с изоляцией ПБД. Она состоит из двух витков (рис. 34). В пазах секции удерживаются проволоочным бандажом. Лобовые части в местах намотки бандажей дополнительно изолированы. Обмотка якоря имеет шаг по пазам 1—8, по коллектору — 1—32. Коллектор вспомогательного генератора собран из 92 пластин.

Привод двухмашинного агрегата тепловоза ТЭМ2. Двухмашинный агрегат приводится во вращение от шкива, посаженного на хвостовик вала тягового генератора посредством девяти клиновых ремней, ведомого шкива, вала, пакетной пластинчатой муфты (рис. 35). Ввиду значительной длины вал привода 16 имеет опору со сферическим шарикоподшипником 12, который воспринимает усилие от натяжения ремней. Вал привода с опорой и двухмашинный агрегат смонтированы на общей плите 1. Плита, корпус опоры и лапы двухмашинного агрегата имеют пазы для возможности перемещения двухмашинного агрегата при натяжении ремней. Пластинчатая муфта компенсирует погрешности установки

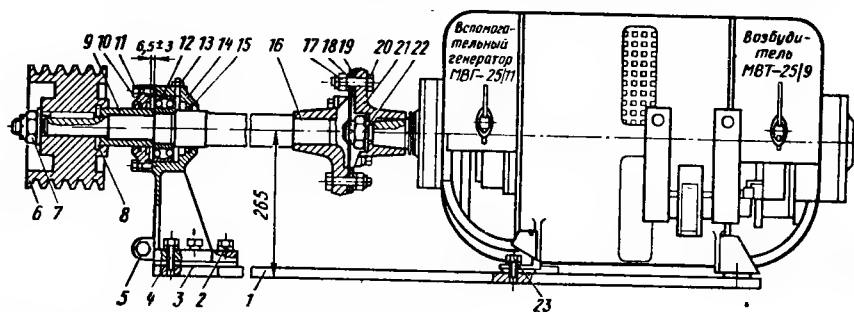


Рис. 35. Привод двухмашинного агрегата:

1 — плита; 2 — болты крепления корпуса опоры; 3 — прокладки регулировочные; 4 — штифт; 5 — болт упорный; 6 — шкив ведомый; 7, 17, 22 — гайки; 8 — прокладки разрезные; 9 — втулка распорная; 10 — крышка; 11, 20 — болты; 12 — шарикоподшипник; 13 — пресс-масленка; 14 — корпус опоры; 15 — войлочное уплотнение; 16 — вал; 18 — шайба; 19 — диски муфты; 21 — полумуфта ведомая; 23 — болт крепления двухмашинного агрегата

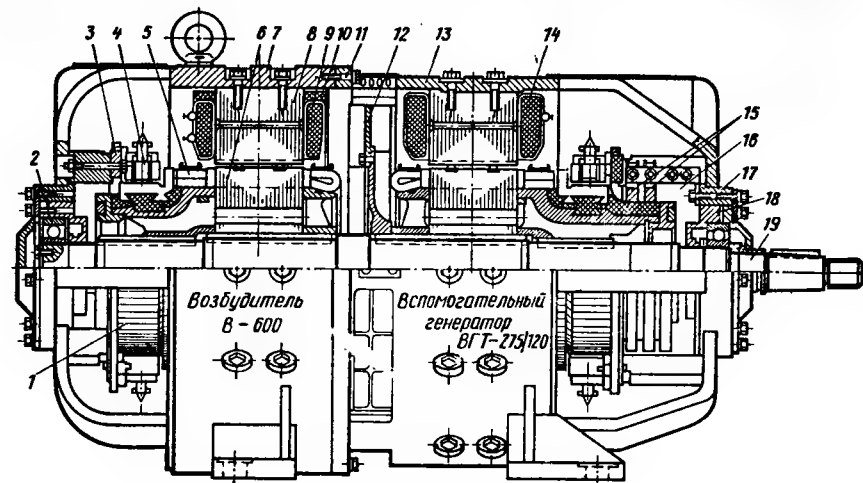


Рис. 36. Двухмашинный агрегат типа А-706Б (продольный разрез):

1 — коллектор; 2 — подшпикник; 3 — траверса; 4 — щеткодержатель; 5 — обмотка якоря; 6 — сердечник якоря; 7 — станина возбудителя; 8 — сердечник главного полюса; 9 — обмотка независимого возбуждения возбудителя; 10 — размагничивающая обмотка возбудителя; 11 — болты крепления станины; 12 — вентилятор; 13 — станина вспомогательного генератора; 14 — обмотка параллельного возбуждения вспомогательного генератора; 15 — контактные кольца; 16 — втулка коллектора вспомогательного генератора; 17 — кольцо; 18 — капсула подшпикника; 19 — вал

вала привода относительно оси двухмашинного агрегата. Излом оси вала относительно оси двухмашинного агрегата допускается не более 0,3 мм на длине 300 мм. Соосность при центровке допускается постановкой прокладок 3. После центровки положение корпуса опоры 14 на плите фиксируется коническими штифтами 4, положение двухмашинного агрегата — приварными упорами.

Пластинчатая муфта привода состоит из 18 дисков 19 из пружинящей листовой стали толщиной 0,5 мм. Диски имеют шесть отверстий. Пакет дисков тремя болтами (через один) прикреплен к ведущей полумуфте, напрессованной на вал 16, и тремя болтами (также через один болт) — к ведомой полумуфте 21, посаженной на конусный хвостовик вала двухмашинного агрегата.

При установке привода двухмашинного агрегата в сборе на тепловозе во избежание перекосов ремней необходимо, чтобы наружный торец ведомого шкива 6 совпадал с торцом ведущего торца. Это достигается перемещением шкива 6 на валу за счет выемки или постановки прокладок 8.

Двухмашинный агрегат А-706Б (рис. 36). Он установлен на тепловозах 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2М62, ТЭП60 и состоит из вспомогательного генератора ВГТ-275/120, предназначенного для питания цепей управления, освещения, размагничивающей обмотки возбудителя и заряда аккумуляторной батареи и возбудителя В-600 для питания независимой обмотки возбуждения тягового

генератора. Двухмашинный агрегат А-706Б защищенного исполнения с самовентиляцией.

Станины 7 и 13 соединены болтами, к ним приварены лапы для крепления и проушины для транспортировки. В средней части станины расположены вентиляционные отверстия с сетками. Изнутри к станинам болтами крепятся сердечники 6 главных и добавочных полюсов. Сердечники главных полюсов набраны из листовой стали и стянуты заклепками. На сердечнике главного полюса возбудителя расположены катушка обмотки независимого возбуждения возбудителя 9, получающая питание от амплитата, и катушка размагничивающей обмотки 10, получающая питание от вспомогательного генератора. На сердечнике главного полюса вспомогательного генератора намотана катушка параллельного возбуждения 14. Катушки имеют открытые и перекрещенные выводы, от корпуса они изолированы микалентой и тафтяной лентой. Для предотвращения от продольного сдвига катушек между ними и башмаком сердечника устанавливают пружинные рамки. В каждой станине укреплено по пять добавочных полюсов (место шестого полюса занято выводами обмотки). Сердечники добавочных полюсов вспомогательного генератора и возбудителя литые стальные, катушки одинаковы и изолированы микалентой и тафтяной лентой. К торцам станины крепятся подшипниковые щиты. К подшипниковым щитам крепятся изоляционные траверсы, имеющие по шесть щеткодержателей. Корпуса щеткодержателей отлиты из латуни. В каждый корпус устанавливается по одной щетке марки ЭГ-4. Нажатие на щетку создается спиральными пружинами в пределах 11—20 Н. При установке траверс предусмотрена возможность их перемещения для установки на нейтрали. В центре подшипниковых щитов имеются гнезда, куда вставляются капсулы с подшипниками. Полости подшипников по валу уплотняются лабиринтовым уплотнением, а снаружи со стороны возбудителя — крышкой.

Якоря вспомогательного генератора и возбудителя смонтированы на общем валу 19, который опирается на шарикоподшипники. Сердечники якорей набраны из листов стали толщиной 0,5 мм, которые насажены на вал и удерживаются на нем корпусами коллекторов и обмоткодержателями. Число пазов, размеры паза, длина сердечников, размеры обмоток якорей и число коллекторных пластин для обеих машин одинаковы. В 44 открытых пазах укладывается волновая двухслойная обмотка с шагом по пазам 1—8, по коллектору — 1—44. В пазах сердечника и на лобовых вылетах обмотка закреплена стальными проволоочными бандажами, под которые подложен электрокартон и миканит.

Коллекторы арочного типа опрессованы пластмассой. Втулка 16 коллектора вспомогательного генератора удлинена и на нее насажены два кольца 15, соединенные с двумя коллекторными пластинами, расположенными по окружности на расстоянии полюсного деления и предназначенными для съема переменного напряжения питания радиостанции тепловоза. Двухмашинный

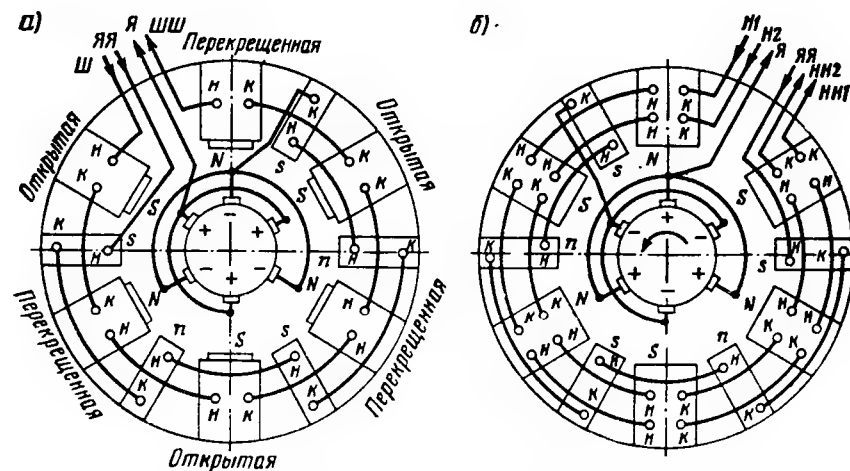


Рис. 37. Схема соединения обмоток двухмашинного агрегата А-706Б (вид со стороны коллектора):

а — вспомогательного генератора ВГТ-275/120; б — возбудителя В-600; Ш, ШШ — начало и конец обмотки параллельного возбуждения; Я, ЯЯ — начало и конец обмотки якоря; Н1, НН1 — начало и конец обмотки независимого возбуждения; Н2, НН2 — начало и конец размагничивающей обмотки

агрегат охлаждается собственным вентилятором 12 центробежного типа, закрепленным на валу якоря в средней части между якорями возбудителя и вспомогательного генератора. Охлаждающий воздух для каждой машины засасывается через нижние открытые части подшипниковых щитов, омывает поверхности коллекторов, полюсов и якорей, а кроме того, проходит параллельно через полости коллекторов и вентиляционные отверстия сердечников якорей, затем нагретый воздух выбрасывается через вентиляционные отверстия в середине станины.

Схемы внутренних соединений вспомогательного генератора и возбудителя приведены на рис. 37. Катушки полюсов всех обмоток, а также обмотки добавочных полюсов и якорей соединены последовательно.

На тепловозах 2ТЭ116, ТЭМ7, ТЭП70 для питания обмотки возбуждения тягового генератора используется синхронный генератор, переменное напряжение которого предварительно выпрямляется на полупроводниковом выпрямителе.

Возбудитель переменного тока ВС-650В (рис. 38) состоит из статора, якоря, подшипниковых щитов, подшипников, щеткодержателей. Статор возбудителя состоит из станины 8, изготовленной из листовой стали, в которой установлено восемь полюсов моноблочной конструкции. Для крепления возбудителя к станине приварены лапы, а для его транспортировки — проушины. Полюс возбудителя состоит из сердечника и обмотки. Сердечник полюса 14 набран из штампованных листов электротехнической стали, спрессован и стянут заклепками. Катушки полюсов 15 соединены

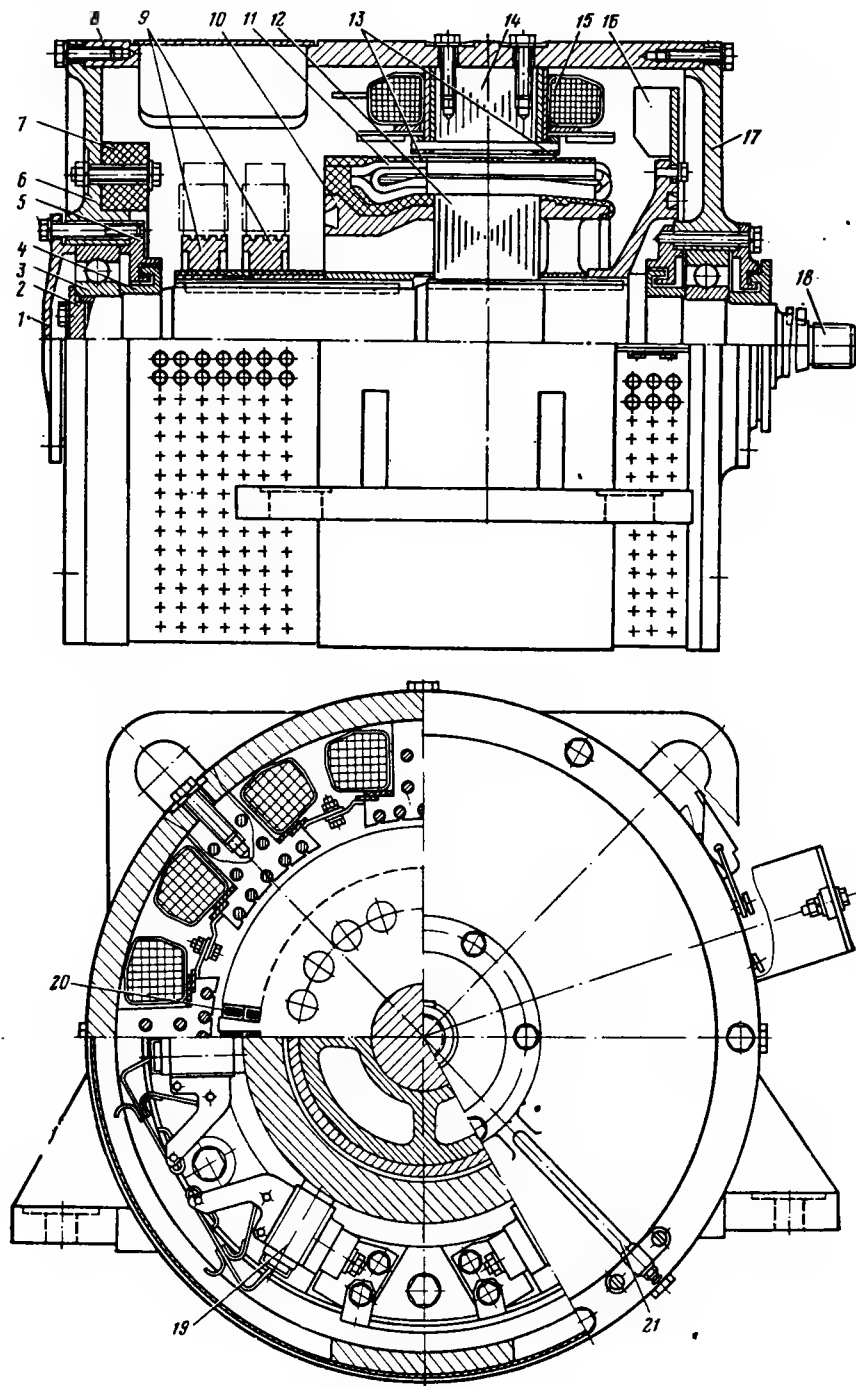


Рис. 38. Возбудитель ВС-650В (продольный и поперечный разрезы):

1 — наружная крышка подшипника; 2 — упорное кольцо; 3 — шарикоподшипник; 4 — уплотнительное кольцо; 5 — внутренняя крышка подшипника; 6, 17 — подшипниковые щиты; 7 — траверса; 8 — станина; 9 — контактные кольца; 10 — якорь; 11 — обмотка якоря; 12 — сердечник якоря возбуждения; 13 — стеклобандаж; 14 — сердечник полюса; 15 — катушка полюса; 16 — вентилятор; 18 — вал; 19 — щеткодержатель; 20 — паз якоря; 21 — трубка подвода смазки к подшипнику

последовательно, имеют открытые и перекрещенные выводы (рис. 39). Изоляция полюсных катушек выполнена из материалов класса F. Пропитка катушки и сердечника полюса производится в сборе в эпоксидном компаунде. В башмаки полюсов встроена короткозамкнутая демпферная обмотка в виде медных стержней круглого и прямоугольного сечений.

К торцам станины крепятся болтами подшипниковые щиты. К переднему подшипниковому щиту 6 (см. рис. 38) крепится пластмассовая траверса, а к ней щеткодержатели 19. Щеткодержатели соединены токосборными шинами. Конструкция щеткодержателя унифицирована со щеткодержателем тягового генератора ГС-501А. В каждый щеткодержатель устанавливается щетка марки ЭГ-4 размером 25×32×64 мм с резиновым амортизатором. Нажатие на щетку создается пружиной в пределах 17—18 Н.

Наружная обойма шарикоподшипника переднего подшипникового щита 6 удерживается буртами наружной 1 и внутренней 5 крышек, а внутренняя обойма напрессована на вал и удерживается от смещения упорным кольцом 2, которое крепится к торцу вала болтами. С внутренней стороны полость подшипника по валу уплотняется лабиринтовым уплотнением. Внутренняя обойма шарикоподшипника заднего подшипникового щита 17 также напрессована на вал и удерживается от смещения напрессованными на вал внутренним и наружным лабиринтами. Добавляется смазка в подшипники через стальные трубки 21. Якорь возбуждения 10 состоит из сердечника 12, обмотки 11, вала 18 и контактных колец 9. Сердечник якоря возбуждения набран из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм и наштампован на вал. Спрессованный сердечник удерживается от смещения в осевом направлении латунной втулкой со стороны контактных колец и обмоткодержателем со стороны свободного конца вала. Обмотка якоря возбуждения волновая, в пазах 20 удерживается стеклобандажом 13. Концы катушек обмотки припаяны сереброросодержащим припоем в медных гильзах, которые вставлены в прямоугольные

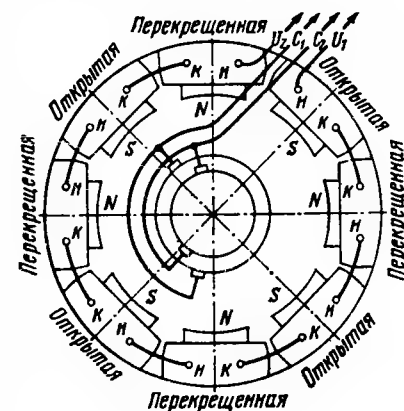


Рис. 39. Схема соединений возбуждителя ВС-650В

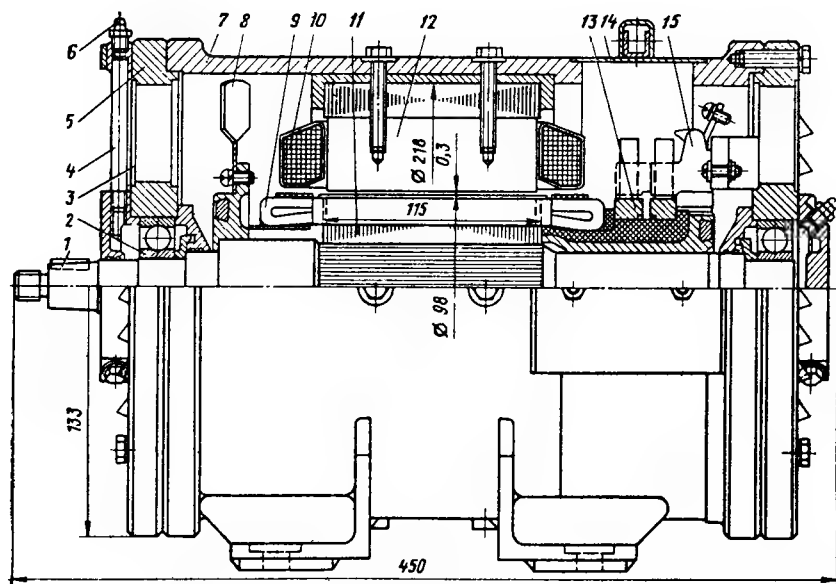


Рис. 40. Подвозбудитель ВС-652 (поперечный разрез):

1 — вал; 2 — подшипник; 3 — крышка; 4 — трубка для смазки; 5 — щит подшипниковый; 6 — масленка; 7 — станина; 8 — вентилятор; 9 — обмотка якоря; 10 — катушка полюса; 11 — сердечник якоря; 12 — сердечник полюса; 13 — контактные кольца; 14 — крышка; 15 — щеткодержатель

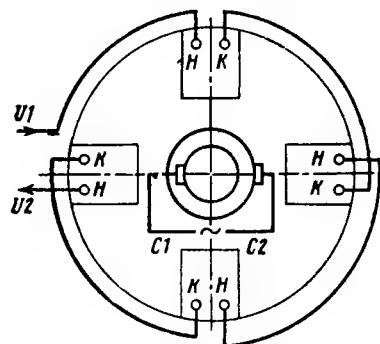


Рис. 41. Схема соединений обмоток синхронного подвозбудителя ВС-652 (вид со стороны контактных колец):
C1, C2 — выводы с контактных колец; U1, U2 — начало и конец обмотки возбуждения

пазы по окружности пластмассовой части втулки. Якорь пропитывается в термореактивном лаке. На вал якоря напрессованы изолированные от него два контактных кольца 9 из специальной антикоррозионной стали, которые с помощью двух контактных шпилек соединены с выводами якорной обмотки.

Охлаждение возбудителя осуществляется вентилятором 16, который крепится болтами к стальной ступице, смонтированной на валу со стороны его свободного конца. Охлаждающий воздух прогоняется через полость машины вентилятором и выбрасывается через окна в станине со стороны контактных колец. Вентиляционные окна на входе и выходе охлаждающего воздуха закрываются съемными сеткой и крышкой с отверстиями.

Синхронный подвозбудитель ВС-652 (рис. 40) устанавливается на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10М, 3ТЭ10М, М62, 2М62, ТЭП60, 2ТЭП60 и предназначен для питания переменным напряжением рабочих цепей магнитного усилителя и трансформаторов в системе возбуждения возбудителя тягового генератора. Подвозбудитель является однофазной четырехполюсной электрической машиной защищенного исполнения с самовентиляцией. Мощность его 1,1 кВт, напряжение 110 В, ток 10 А, частота вращения 4000 мин⁻¹. Подвозбудитель состоит из станины с сердечником, четырех полюсов, подшипниковых щитов, подшипников и якоря.

Станина 7 имеет цилиндрическую форму, снизу к ней привариваются лапы для крепления подвозбудителя. Внутри станины запрессовывается до упора вставленный в оправку сердечник станины, набранный из пластин электротехнической стали. Каждый полюс крепится к станине двумя болтами, проходящими через отверстия в сердечнике станины. Катушки обмотки возбуждения соединены последовательно между собой (рис. 41), а их концы выведены в коробку выводов.

К торцам станины крепятся подшипниковые щиты, в гнезда которых вставляются шарикоподшипники. Наружные обоймы подшипников от смещения удерживаются буртами наружных и внутренних крышек, а внутренние напрессованы на вал. Смазка от вытекания из полости подшипника предохраняется лабиринтными уплотнениями и добавляется через масленки 6 (см. рис. 40). Якорь подвозбудителя состоит из вала 1, сердечника 11, обмотки 9, контактных колец, обмоткодержателя и вентилятора 8. Вал якоря стальной. Переходы от одного диаметра к другому выполнены плавно, в средней части вал имеет шлицы, на которые насажено железо сердечника. От перемещения оно с одной стороны удерживается корпусом обмоткодержателя, а с другой — втулкой контактных колец. В пазы сердечника уложена обмотка, которая удерживается проволочным банджом. Напряжение снимается при помощи четырех щеток (по две на каждое кольцо) с двух контактных колец 13, которые напрессовываются на вал якоря через изоляционную втулку. Щетки помещаются в щеткодержателях, прикрепленных к изоляционной траверсе заднего подшипникового щита.

Со стороны контактных колец в станине имеются люки для осмотра контактных колец, щеток, щеткодержателей и внутренней части подвозбудителя.

Стартер-генератор устанавливается на тепловозах 2ТЭ116, 2ТЭ121, ТЭП70. Стартер-генератор — электрическая машина постоянного тока, которая предназначена работать в двух режимах: стартерном — в качестве электродвигателя последовательного возбуждения, осуществляющего вращение вала дизеля во время пуска, генераторном — в качестве вспомогательного генератора

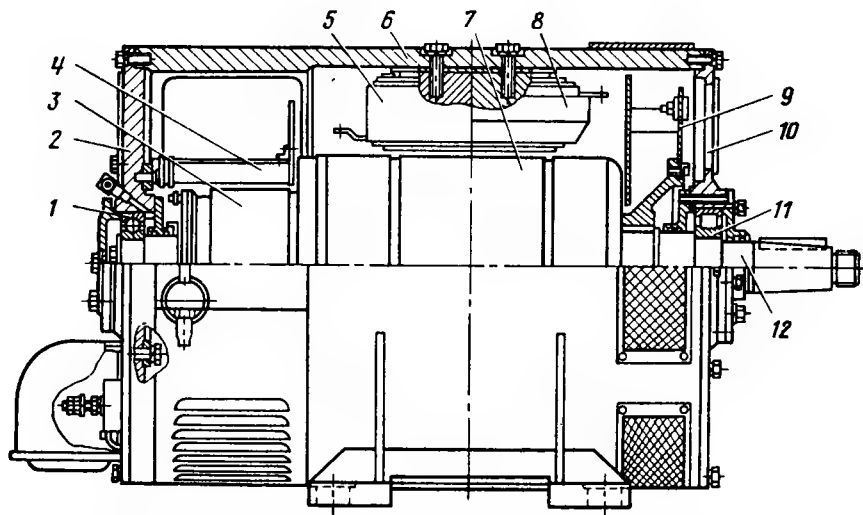


Рис. 42. Стартер-генератор ПСГ:

1, 11 — подшипники; 2, 10 — передний и задний подшипниковые щиты; 3 — коллектор; 4 — траверса; 5 — главный полюс; 6 — станина; 7 — якорь; 8 — добавочный полюс; 9 — вентилятор; 12 — вал

независимого возбуждения, обеспечивающего питание цепей управления, электродвигателей собственных нужд постоянного тока, освещения и заряда аккумуляторной батареи.

Стартер-генератор (рис. 42) состоит из станины, подшипниковых щитов, главных и добавочных полюсов, якоря и подшипников. Станина 6 стартер-генератора цилиндрической формы, к которой

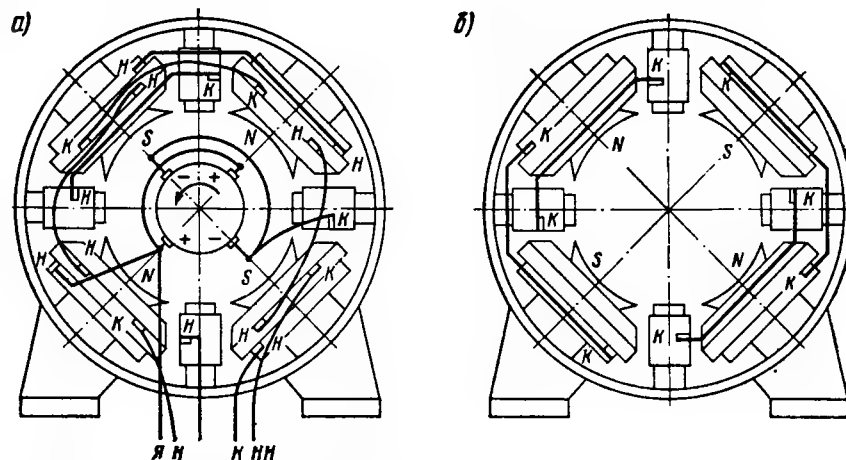


Рис. 43. Схема внутренних соединений стартер-генератора ПСГ:

а — со стороны коллектора; б — со стороны привода

снизу приварены лапы для крепления к станине тягового генератора, сбоку приварены проушины для транспортировки. К станине крепятся четыре главных и четыре добавочных полюса. Сердечник главного полюса набран из пластин электротехнической стали. Главные полюсы имеют независимую обмотку (Н, НН) и параллельную (К, Я на рис. 43), сердечник добавочного полюса цельный, обмотка добавочных полюсов соединена последовательно с якорем.

К торцам станины крепятся передний 2 (см. рис. 42) и задний 10 подшипниковые щиты. В гнездо переднего подшипникового щита устанавливается шарикоподшипник 76313, заднего — роликоподшипник 7032315.

К переднему подшипниковому щиту крепится траверса 4, а к ней — щеткодержатели со щетками типа ЭГ-4 размером 2 (10 × 32 × 32) мм. Нажатие на щетку 17—20 Н.

Якорь 7 состоит из вала 12, сердечника, обмотки и коллектора. Сердечник якоря фиксируется на валу шпонкой, а от смещения удерживается с одной стороны корпусом обмоткодержателя, а с другой — корпусом коллектора. Обмотка якоря в пазах удерживается проволочными бандажками. Концы секций обмотки вплаиваются в пазы коллекторных пластин. Коллектор арочного типа. Охлаждение стартер-генератора — самовентиляция, класс изоляции не ниже F.

На тепловозах, имеющих передачу мощности переменного-постоянного тока для привода вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей, вентиляторов охлаждения холодильной камеры и вентилятора охлаждения выпрямительной установки, используют электродвигатели переменного тока, питающиеся непосредственно от тягового генератора.

Условия работы электродвигателей переменного тока на тепловозах — изменяющиеся в широких пределах напряжение и частота, частые пуски и большие вибрационные нагрузки, большие перепады температуры окружающего воздуха — налагают дополнительные требования к их конструкции, требуют усовершенствованной системы лабиринтов и системы пополнения смазки.

Технические данные электродвигателей переменного тока, применяемых на тепловозе 2ТЭ116, приведены в табл. 10.

Мотор-вентилятор МВ-11 (рис. 44) охлаждения холодильной камеры является асинхронным двигателем вертикального исполнения с внешним ротором. Он состоит из ротора 2, вала ротора 6, обмотки 8 и сердечника 9 статора и двух шарикоподшипников. К основанию 10 вентилятора крепится болтами втулка 7, на которую напрессовывается сердечник статора. От проворота сердечник на втулке удерживается шпонкой, а от смещения вдоль оси — двумя шайбами и полукольцами. Сердечник статора набирают из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, листы друг от друга изолируют лаком. Обмотка статора трехфазная, двухслойная, симметричная, фазы соединены в «звезду». Ка-

Таблица 10

Технические данные	Тип электродвигателей вентиляторов		
	A2-86-6-100	AOC2-62-6-100	MB-11
Мощность номинальная, кВт	24	7	24
Напряжение номинальное, В	394	394	394
cos φ	0,89	0,72	0,7
к.п.д., %	91,5	85	89
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	1980	1970	1960
Класс изоляции	H	F	H
Масса, кг	269	173	257

тушки обмотки статора имеют по пять витков из провода ПСДК диаметром 1,45 мм.

Внутри втулки 7 на двух шарикоподшипниках установлен вал ротора 6. Нижний подшипник удерживается на валу кольцом, верхний — гайкой. Верхний подшипник имеет лабиринтовые уплотнения. Вентиляторное колесо 1 вместе с запрессованным в него ротором 2 надевается на статор снаружи и крепится к верхнему

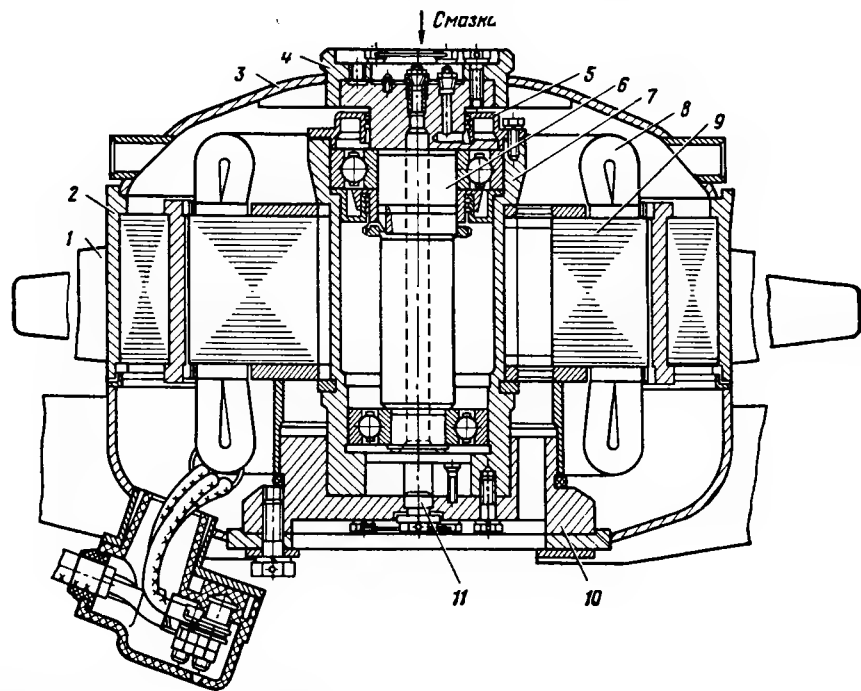


Рис. 44. Мотор-вентилятор MB-11:

1 — вентиляторное колесо; 2 — ротор; 3 — днище; 4, 7 — втулки; 5 — верхняя крышка; 6 — вал ротора; 8 — обмотка статора; 9 — сердечник; 10 — основание; 11 — пробка

торцу вала ротора болтами. Сердечник ротора набран из штампованных листов электротехнической стали и имеет 56 пазов, расположенных на внутренней поверхности листов. Паза ротора залиты алюминиевым сплавом АКМ. Ротор после запрессовки в корпус вентиляторного колеса фиксируется четырьмя штифтами. Колесо вентилятора вместе с ротором подвергают динамической балансировке.

На отечественных тепловозах маслопрокачивающие, топливоподкачивающие насосы, вентиляторы кабины, кузова, калорифера приводятся в действие электродвигателями постоянного тока, получающими питание от аккумуляторной батареи или вспомогательного генератора при работе дизеля. Для этих целей применяют широко известные электродвигатели постоянного тока серии П морского исполнения. Техническая характеристика электродвигателей постоянного тока серии П приведена в табл. 11.

Электродвигатель П-21 (рис. 45) состоит из станины, двух главных и одного добавочного полюсов, двух подшипниковых щитов, якоря и двух подшипников.

Станина 20 цилиндрической формы, снизу к ней приварены лапы 19 для крепления, сверху ввернут транспортный винт. К станине по вертикали крепятся главные полюсы двумя болтами каждый. Главный полюс состоит из сердечника и обмотки. Сердеч-

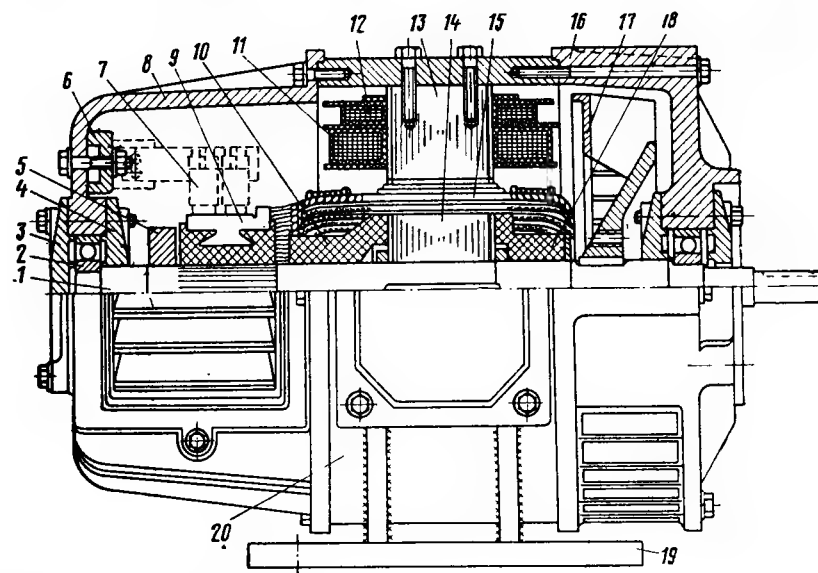


Рис. 45. Электродвигатель П-21:

1 — вал якоря; 2 — подшипник; 3 — крышка шарикоподшипника; 4 — лабиринт; 5 — балансировочное кольцо; 6 — траверса; 7 — щеткодержатель; 8, 16 — подшипниковые щиты; 9 — коллектор; 10, 18 — обмоткодержатели; 11, 12 — параллельная и последовательная катушки главного полюса; 13 — сердечник главного полюса; 14 — сердечник якоря; 15 — обмотки якоря; 17 — вентиляторное колесо; 19 — лапы; 20 — станина

64

Технические данные	Тип электродвигателей								
	П-11	П-12	П-21	П-22	П-31	П-41			
Мощность, кВт	0,5	0,2	1,0	0,5	1,4	2,2	0,9	2,2	4,2
Напряжение, В	75	75	110	75	75	75	75	75	64
Ток, А	9,9	4,2	11,8	9,4	23,8	36,7	21,8	16,1	84
Частота вращения, мин ⁻¹	2800	1740	3000	1450	3100	3000	3300	1450	2200
Число полюсов:									
главных	2	2	2	2	2	2	2	2	4
добавочных	1	1	1	1	1	1	1	1	4
Число щеток	4	4	4	4	4	4	4	4	8
Масса, кг	17,0	17,0	21,8	34,8	34,8	34,8	40,8	50,5	78
Число витков главного полюса:									
параллельного возбуждения	1750	1150	1850	1800	1800	1400	1200	1100	600
последовательного возбуждения	12	—	11	18	10	16	14	12	2
добавочного полюса	116	175	126	142	78	78	88	103	17
Число пазов якоря	14	14	14	18	18	18	18	18	27
Шаг по пазам	1-8	1-8	1-8	1-10	1-10	1-10	1-10	1-10	1-8
Шаг по коллектору	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
Число пластин коллектора	56	56	56	72	72	72	72	72	81

Таблица 12

Технические данные	Тип электродвигателей	
	ЭКТ-5	2П2К
Мощность, кВт	30	37
Напряжение, В	110	110
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1450	1450

ник набран из пластин электротехнической стали. Обмотка в зависимости от типа двигателя может быть смешанного возбуждения или параллельного, т. е. содержать две или одну катушку. Сравнительно легкие условия коммутации позволяют применить только один добавочный полюс, а на месте второго находится коробка выводов. К торцам станины крепятся подшипниковые щиты 8, 16. На переднем подшипниковом щите 8 крепится изоляционная траверса 6, а к ней — щеткодержатели. Передний подшипниковый щит имеет крышки для осмотра щеток, щеткодержателей, соединительных проводов и коллектора. Якорь состоит из вала 1, сердечника 14, обмотки 15 и коллектора 9. Сердечник набран из пластин электротехнической стали, на валу он фиксируется шпонкой и двумя кольцами. Обмотка в пазах удерживается деревянными клиньями, а на лобовых частях — проволочными бандажами. Обмотка якоря петлевая выпная, имеет две параллельные ветви. Коллектор 9 набирается из медных пластин, корпус коллектора изготавливается из асбестоцементной массы. Якорь вращается в двух шарикоподшипниках, подшипник со стороны коллектора опорно-упорный, со стороны вентилятора — опорный.

Схема электрических соединений электродвигателей серий П-11 и П-21 представлена на рис. 46, все электродвигатели снабжены конденсаторами для подавления помех радиоприему.

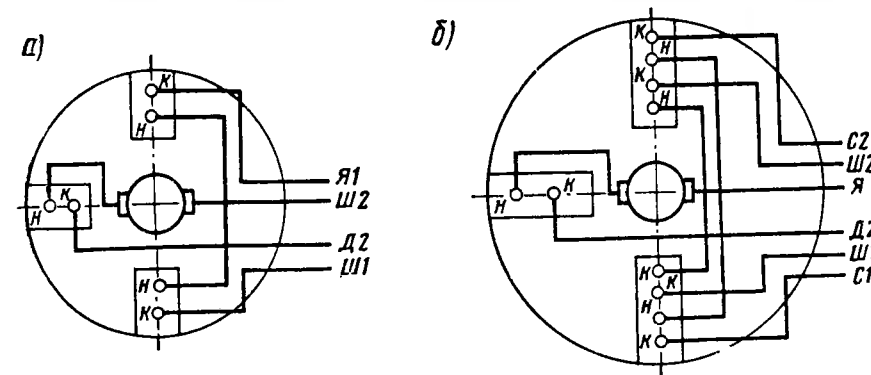


Рис. 46. Схема электрических соединений электродвигателей серии ПЗ

a — электродвигатель П-11; *б* — электродвигатель П-21

Электродвигатель ЭКТ-5 или 2П2К предназначен для запуска и работы тепловозного компрессора на тепловозах 2ТЭ116, ТЭМ7. Эта машина постоянного тока смешанного возбуждения, горизонтального исполнения, защищенная, с самовентиляцией, изоляция класса Н. Основные характеристики электродвигателей даны в табл. 12.

Электродвигатель компрессора представляет собой четырех-полюсную электрическую машину постоянного тока со смешанным возбуждением и конструктивно выполнен аналогично стартер-генератору.

Контрольные вопросы

1. Назначение вспомогательных машин.
2. Назначение и устройство двухмашинных агрегатов.
3. Назначение и устройство вспомогательных машин постоянного тока.
4. Назначение и устройство вспомогательных машин переменного тока.

3.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ВЕНТИЛЯ

Выпрямительные установки (ВУ) применяются на тепловозах с электрической передачей переменного-постоянного тока и служат для выпрямления переменного тока, вырабатываемого синхронным тяговым генератором, в постоянный. Прежде чем разбирать техническую характеристику и устройство ВУ, рассмотрим принцип работы полупроводникового вентиля и его устройство.

Электрическая проводимость любого вещества определяется наличием носителей зарядов, способных перемещаться при воздействии электрического поля. Значение удельной электрической проводимости является одним из основных признаков, по которому вещества делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики.

Полупроводники и проводники обладают кристаллическим строением и имеют упорядоченную внутреннюю структуру, основу которой составляют правильные пространственные решетки.

Как известно, общее число электронов в нейтральном атоме соответствует его порядковому номеру в периодической системе Менделеева. Непрерывно движущиеся электроны располагаются вокруг положительно заряженного ядра атома в нескольких пространственно разделенных оболочках, каждая из которых содержит строго определенное число электронов. Наружные (валентные) оболочки отдельных атомов имеют не более восьми электронов. Электроны, принадлежащие одной оболочке, обладают одинаковыми значениями энергии, которая зависит от заряда действующего на них ядра, расстояния до ядра и скорости движения по орбите. Более удаленные от ядра электроны обладают большой потенциальной, но меньшей кинетической энергией. В целом суммарная энергия электрона при переходе на удаленные орбиты увеличивается, поэтому для перевода электрона на более удаленную орбиту необходимо сообщить ему дополнительную энергию, т. е. повысить его энергетический уровень. Обратный переход с более удаленной орбиты сопровождается потерей электроном энергии, выделяемой в виде кванта волнового излучения. Переход электрона с одного энергетического уровня на другой имеет дискретный характер, т. е. связан с потреблением или выделением строго определенного значения энергии.

Расстояния между ближайшими атомами в кристаллических решетках очень малы. Это обуславливает значительное взаимодействие атомных полей, изменение характера движения электронов и появление свойств, существенно отличающихся от свойств отдельных атомов или молекул. Ядра соседних атомов мало влияют

на электроны внутренних оболочек. Внешние же (валентные) электронные оболочки соседних атомов соприкасаются и даже пересекаются. Электроны этих оболочек испытывают значительное воздействие ядер соседних атомов, что ослабляет связи их с ядрами собственных атомов.

В типичных полупроводниковых материалах германии или кремнии каждый атом, расположенный в узле кристаллической решетки, находится в непосредственной близости от четырех других атомов и связан с ними валентными электронами соответственно по одному на каждый атом. Эти близко расположенные атомы также отдают для связи соответственно по одному электрону, вследствие чего связь пары соседних атомов осуществляется двумя валентными электронами, обращающимися в поле связанных атомов. Такая связь в кристаллах называется ковалентной (парно-электронной).

Вследствие тепловых колебаний при нагревании или сообщении другого вида энергии ковалентная связь может быть разорвана и освободившийся электрон может принять участие в процессе проводимости. При освобождении одного из таких электронов ковалентная связь между двумя атомами оказывается незаполненной. Вследствие утраты одного из электронов в системе этих атомов образуется избыточный положительный заряд, равный заряду электрона. Если вблизи такой системы окажется свободный электрон, то он может быть захвачен этими атомами, т. е. переведен из свободной зоны в валентную. Такое не занятое электроном энергетическое состояние в валентной зоне, обуславливающее потенциальную возможность захвата электрона, получило название *дырки*.

При приложении внешнего электрического поля к полупроводнику, содержащему дырку, валентный электрон из соседнего с ней участка структуры под воздействием напряженности поля может разорвать валентную связь и перейти на имеющийся вакантный уровень. Вследствие этого дырка исчезнет, но образуется новая в месте разрыва электроном валентной связи. Эта вновь образовавшаяся дырка может быть занята другим электроном из соседней связи, где образуется новая дырка, и т. д. Такой процесс последовательного перехода валентных электронов сопровождается поочередным исчезновением и образованием новых дырок в направлении, противоположном перемещению валентных электронов. Следовательно, в цепи будет протекать электрический ток, значение которого будет находиться в прямой зависимости от числа имеющихся в полупроводнике дырок. Проводимость полупроводника, обусловленная наличием в нем дырок, называют *дырочной*. Полная проводимость полупроводника определяется суммой электронной и дырочной проводимости.

Чистый полупроводник имеет очень небольшое число носителей заряда и его собственная электропроводность чрезвычайно мала. Избыточные носители зарядов (электроны или дырки) могут быть получены путем искусственного введения (легирования) в полупроводниковый материал специальных примесей. Пятивалентная примесь (фосфор, мышьяк и др.) отдает в полупроводник электро-

ны и называется донорной (от слова донор — дарящий). Проводник с донорной примесью имеет электронную проводимость или проводимость типа *n* (от первой буквы латинского слова *negative* — отрицательный). Трехвалентная примесь (например, бор, алюминий и др.) создает в полупроводнике избыток дырок и называется акцепторной (от слова акцепт — принимающий). Полупроводник с акцепторной примесью имеет дырочную проводимость или проводимость типа *p* (первая буква слова *positive* — положительный).

Полупроводник с электронной или дырочной проводимостью электрически нейтрален. Если в полупроводниковом кристалле одна область за счет донорной примеси имеет электронную проводимость (типа *n*), а другая за счет акцепторной примеси имеет дырочную проводимость (типа *p*), то на границе этих областей образуется электронно-дырочный переход (*n-p*). Носители заряда, составляющие в полупроводниковом кристалле значительное большинство, называются основными, а носители заряда, составляющие меньшинство, — неосновными. Следовательно, в *p*-полупроводнике основными носителями заряда являются дырки, а в *n*-полупроводнике — электроны.

Эффект односторонней проводимости, объясняющий механизм вентильного действия полупроводниковых диодов, возникает вследствие появления внутреннего электрического поля в области монокристалла, где полупроводник *p*-типа переходит в полупроводник *n*-типа. Эта область получила название электронно-дырочного перехода, или *p-n*-перехода.

При образовании электронно-дырочного перехода через плоскость контакта между слоями (*p* и *n*) полупроводника возникают диффузионные потоки основных носителей зарядов, вызванных неравномерной концентрацией их: электронов — из слоя *n* в слой *p*, а дырок — из слоя *p* в слой *n*. Диффундирующие электроны и дырки в области, где они являются неосновными носителями зарядов, интенсивно рекомбинируют (нейтрализуются). Вследствие этого концентрация свободных носителей зарядов в области, непосредственно прилегающей к плоскости контакта, резко снижается, что приводит к образованию на границе электронно-дырочного перехода тонкого запирающего или запирающего слоя, обладающего большим сопротивлением.

Встречное диффузионное перемещение противоположных по знаку основных носителей зарядов не вызывает выравнивания концентрации их во всем объеме полупроводника. Уход основных носителей из приграничной области приводит к тому, что избыточные электрические заряды неподвижных доноров и акцепторов, связанных с решетками полупроводника, оказываются некомпенсированными. Наличие этих объемных зарядов обуславливает появление на границах запирающего слоя электрического поля. Это поле создает своеобразный потенциальный барьер, препятствующий дальнейшему диффузионному переходу носителей зарядов.

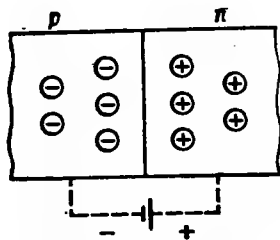


Рис. 47. Схема p - n -перехода

47). Присоединим теперь к этому кристаллу внешнюю э. д. с. так, как показано на рис. 48, а: минус — к n -кристаллу, а плюс — к p -кристаллу. Внешнее поле в этом случае будет уменьшать поле, созданное в области n - p -перехода, т. е. облегчит передвижение свободных носителей заряда в этой области, и ток, проходящий через полупроводник, будет сравнительно большим. Переменим теперь полюсы внешней э. д. с. (рис. 48, б). В этом случае внешнее поле в области n - p -перехода действует так же, как и внутреннее, т. е. обедняет его подвижными носителями заряда. Сопротивление этой об-

ласти резко возрастает, ток проводимости резко уменьшится (практически будет равен нулю).

ласть резко возрастает, ток проводимости резко уменьшится (практически будет равен нулю).

Если к кристаллу (см. рис. 48, а) с n - p -переходом приложить переменную разность потенциалов U , меняющуюся со временем по синусоидальному закону (рис. 48, в), то тогда в течение положительного полупериода, когда напряжение достигнет максимального значения $+U_{\text{макс}}$, в цепи будет идти ток с наибольшим значением $I_{\text{макс}}$. В отрицательный полупериод при напряжении $-U_{\text{макс}}$ ток i будет близким к нулю. В результате в цепи пойдет почти выпрямленный ток (рис. 48, г), и полупроводник будет служить выпрямителем.

Основной характеристикой диода является вольт-амперная. При включении диода в прямом (проводящем) направлении ток $I_{\text{пр}}$ через него сразу возрастает, а падение напряжения будет небольшим (доли вольта). При обратном включении диода (в непроводящем направлении) через него будет очень малый обратный ток $I_{\text{обр}}$ (миллиамперы).

Контрольные вопросы

1. Принцип работы полупроводникового вентиля.
2. Устройство полупроводникового вентиля.

3.2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ВЕНТИЛЬ ВЛ-200

На рис. 49 показан схематический разрез кремниевого диода. Пластика с p - n -переходом, состоящая из слоев алюминиевого сплава 8, высоколегированного кремния 9, кремниевого диска 10, припаяна сплавом серебра с сурьмой 11 к нижнему вольфрамовому диску 12. Последний при помощи припоя связан с массивным медным основанием. Верхняя часть кремниевой пластины спаяна с верхним вольфрамовым диском 7, к которому припаяна медная чашечка 6, а к ней — наконечник 4 внутреннего гибкого медного вывода. Вольфрамовые диски, обладающие близким к кремнию температурным коэффициентом линейного расширения, уменьшают механические напряжения, возникающие между кристаллом кремния и медным основанием при нагреве током области p - n -перехода. Кремниевый и вольфрамовые диски заключены в стальной эмалированный корпус 5, связанный с выводной втулкой 1 при помощи слоя напряженного свинцового стекла 2. Слай стального корпуса со свинцовым стеклом выполнен через слой эмали 3 и является изолятором. Внутренний гибкий вывод компенсирует тепловые деформации, а наружный вывод обеспечивает гибкую связь с токоведущими частями других аппаратов. Медное основание вентиля имеет шпильку с резьбой М14 для крепления охладителя. Мощные кремниевые вентили на подвижном составе имеют воздушное охлаждение. При воздушном охлаждении массивный

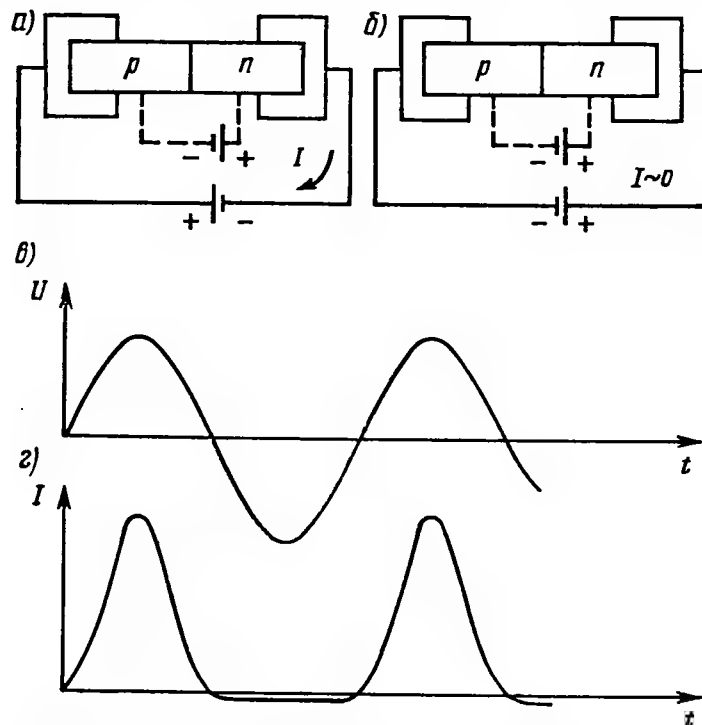


Рис. 48. Включение p - n -перехода:

а — а прямом направлении; б — в обратном направлении; в, г — графики изменения напряжения и тока

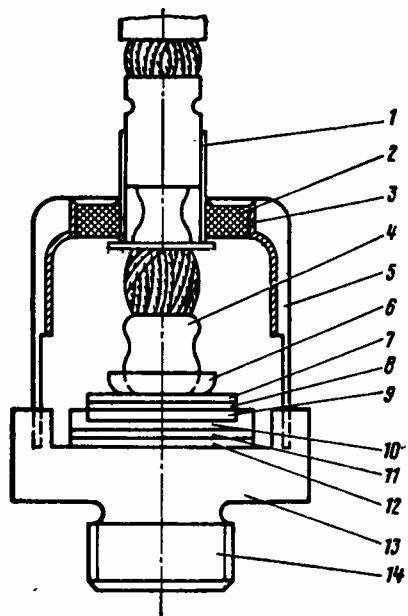


Рис. 49. Схематический разрез вентиля ВЛ-200:

1 — выводная втулка; 2 — свинцовое стекло; 3 — слой эмали; 4 — наконечник; 5 — корпус; 6 — медная чашечка; 7 — верхний вольфрамовый диск; 8 — слой алюминиевого сплава; 9 — слой высоколегированного кремния; 10 — кремниевый диск; 11 — сплав серебра с сурьмой; 12 — нижний вольфрамовый диск; 13 — медное основание; 14 — шпилька

медный вывод (основание) вентиля ввинчивают в металлический охладитель, имеющий развитую ребристую поверхность. При принудительном воздушном охлаждении охладители заключают в кожух, через который пропускают воздух, нагнетаемый вентилятором. В основании корпуса охладителя имеются отверстия для изолированных стержней, на которых в зависимости от схемы преобразователя может быть укреплено несколько вентилях. Отверстие в верхней части охладителя служит для присоединения наконечника другого вентиля при их последовательном соединении.

Лавинные диоды. Несмотря на высокую степень чистоты исходного материала, структура электронно-дырочного перехода неравномерна. При этом возникают местные сужения перехода и появляются локальные участки, напряженность электрического поля в которых при приложении обратного напряжения может повышать среднее значение, характерное для данного перехода. Неравномерность структуры

p - n -перехода возрастает по мере приближения его к выходу на поверхность. Это объясняется большой концентрацией посторонних частиц, попадающих в переход в процессе его изготовления. Повышенная неравномерность обуславливает появление больших локальных сужений в структуре перехода и, следовательно, соответственно больших значений напряженности поля при приложении обратного напряжения. Поэтому вероятность пробоя электронно-дырочного перехода вблизи выхода его на поверхность выше, чем в средней части. В настоящее время в ВУ подвижного состава применяют лавинные вентиля. У этих вентилях путем специальных мероприятий снижают напряженность поля в области выхода p - n -перехода на поверхность. В таких диодах в месте выхода p - n -перехода на поверхность с пластины кремния снимают по окружности фаску под определенным углом. Кроме того, в области выхода p - n -перехода на поверхность по окружности кремниевой пластины концентрацию основных носителей зарядов выполняют меньшей, чем в средней части пластины (так называемое защитное кольцо). Ширина p - n -перехода в этой зоне увеличивается и напряжение про-

боя в средней части пластин оказывается меньшим, чем у торца пластины.

В обычных диодах мощность потерь, выделяемых при прохождении обратного тока, должна быть значительно меньше мощности потерь, получаемых при прямом токе. Это объясняется тем, что прямой ток диода распределяется по всей площади электронно-дырочного перехода равномерно и рассеивание выделяемого тепла происходит по всей площади, не вызывая местных недопустимых превышений температуры. В непроводящую же часть периода вследствие неоднородности сопротивления запирающего слоя обратный ток проходит лишь через отдельные микроплощадки в местах с повышенной плотностью, обладающих меньшим удельным сопротивлением. При этом плотность тока оказывается весьма значительной, и в малых участках объема полупроводника выделяется значительная энергия. Это может привести к местным превышениям температуры запирающего слоя и создать условия для пробоя p - n -перехода.

В лавинных диодах благодаря применению монокристаллов кремния с высокой однородностью структуры и специальной технологии обработки полупроводника обратный ток распределяется равномернее по площади p - n -перехода. Поэтому нагрев объема кристалла обратным током происходит по всему сечению перехода и местное превышение температуры отдельных участков его практически исключается, а это исключает условия пробоя перехода.

Обозначение вентиля. В соответствии со стандартом вентиля имеют специальное обозначение, которое указывает предельный ток в амперах, класс вентиля, прямое падение напряжения, модификацию вентиля.

Так, ВЛ200-8-1,6 обозначается: В — неуправляемый вентиль — диод, Л — лавинный, воздушного охлаждения, 200 — предельный ток 200 А, 8 — класс, характеризующийся повторяющимся напряжением 800 В и прямым падением напряжения 1,6 В.

Характеристики вентилях. Характеристики являются измеряемыми величинами, описывающими электрические, механические, тепловые и другие свойства диодов при определенных условиях. Характеристики делятся на паспортные (основные) и проектные (дополнительные).

Паспортные характеристики вентилях позволяют по ограниченному количеству фиксированных значений параметров определить соответствие данного вентиля стандарту или ТУ, сравнить его с аналогичными изделиями. Эти параметры определяют в конкретных условно заданных режимах. Обычно паспортные характеристики дают в виде таблиц или перечня номинальных данных.

Проектные характеристики позволяют определить зависимость различных параметров вентилях во всем диапазоне их изменения от величины, длительности и характера нагрузки с учетом схем преобразования, условий окружающей среды, интенсивности охлаждения и т. д. Эти характеристики дают возможность выбрать наиболее целесообразную нагрузку вентилях в различных режи-

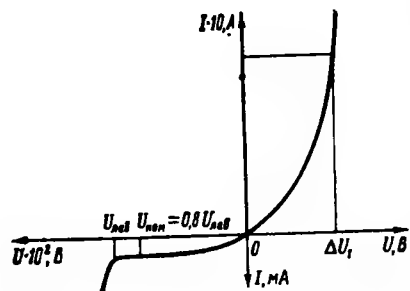


Рис. 50. Классификационная вольт-амперная характеристика лавинного диода

тока. Классификационная характеристика (рис. 50) снимается на однополупериодном переменном токе частотой 50 Гц: прямая ветвь ее соответствует пропусканию через вентиль синусоидального тока, при этом фиксируются приборами магнитоэлектрической системы средние за период значения тока и напряжения; обратная ветвь — приложению к вентилю синусоидального напряжения, при этом фиксируются среднее за период значение тока и амплитудное значение напряжения. Из классификационной вольт-амперной характеристики определяют номинальные (паспортные) параметры вентиля: номинальный ток $I_{ном}$, номинальное (классификационное) напряжение $U_{ном}$ ($U_{кл}$), прямое падение напряжения вентиля $\Delta U_{ном}$ и др.

Номинальный ток вентиля — среднее за период значение выпрямленного тока частотой 50 Гц, синусоидальной формы, протекающего через вентиль при его работе в однофазной однополупериодной схеме выпрямления на активную нагрузку и угле проводимости 180° при номинальных для данного вентиля условиях охлаждения.

Номинальное (классификационное) напряжение вентиля — максимально допустимое мгновенное значение напряжения, длительно прикладываемого к вентилю в обратном направлении в номинальном режиме работы, при котором обеспечивается его заданная надежность, исключающая повторяющиеся и неповторяющиеся напряжения.

Максимальное обратное напряжение $U_{ном}$ соответствует точке или области загиба обратной ветви вольт-амперной характеристики вентиля, когда при небольшом приращении напряжения резко увеличивается обратный ток. Классификационное обратное напряжение для диодов серии В принимается равным 50% $U_{заг}$ при температуре 140°C , а для диодов серии ВЛ — равной 80% $U_{лав}$ при температуре $25 \pm 10^\circ\text{C}$. Стандартом предусмотрена следующая шкала номинальных (классификационных) напряжений: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 В. Значение $U_{ном}/100$ принято для обозначения класса вентиля.

мах работы и условиях эксплуатации.

Базовой (вольт-амперной) электрической характеристикой вентиля является зависимость падения напряжения на вентилю U_v от тока i_v при определенной температуре структуры. Различают три типа вольт-амперной характеристики: статическую, динамическую и классификационную. Статическая характеристика снимается на постоянном токе, динамическая — на переменном в мгновенных значениях напряжения и

Прямое падение напряжения — среднее за период значение напряжения на вентилю при прохождении через него номинального тока и температуре окружающей среды $+25^\circ\text{C}$.

Обратный ток $I_{обр}$ — среднее за период значение тока, протекающего через вентиль при приложении к нему номинального обратного напряжения.

Ток аварийной нагрузки $I_{ав}$ — ток, протекание которого вызывает превышение максимально допустимой температуры электронно-дырочного перехода, но воздействие которого предполагается лишь ограниченное число раз за срок службы вентиля как результат необычных условий работы схемы.

Ударный ток — максимально допустимое значение тока синусоидальной формы длительностью 10 мс при заданной начальной температуре полупроводниковой структуры без последующего приложения напряжения.

Повторяющееся напряжение — максимально допустимое мгновенное значение напряжения, которое может многократно периодически прикладываться к полупроводниковому прибору в обратном или прямом направлении. По значению повторяющегося напряжения устанавливается класс прибора $K = U_n/100$.

Неповторяющееся напряжение — максимально фиксируемое мгновенное значение напряжения, прикладываемого к прибору в обратном или прямом направлении при процессах, имеющих непериодический характер. Непериодическое напряжение обычно определяется внешней по отношению к преобразователю причиной, например грозовыми или внутренними перенапряжениями в питающей сети переменного тока.

Групповое соединение диодов применяют для повышения надежности выпрямительной установки, чтобы выход из строя одного диода не нарушал работы всей установки. В мощных выпрямительных установках выпрямленный ток оказывается больше номинальных токов, допустимых для отдельных полупроводниковых диодов. Для пропуска таких токов несколько диодов включают параллельно.

При полной идентичности прямых ветвей вольт-амперных характеристик параллельно включенных диодов в рабочем диапазоне температур суммарный ток в цепи распределялся бы между ними равномерно. Однако вольт-амперные характеристики диодов, даже изготовленных из одного монокристалла, неидентичны. Как прямые, так и обратные ветви вольт-амперных характеристик диодов одной группы могут иметь различие в пределах допустимого стандартом разброса прямого падения напряжения и обратного тока. Различие в прямых ветвях вольт-амперных характеристик, вызываемое различием внутреннего сопротивления полупроводниковых диодов, при параллельном включении обуславливает их неравномерную нагрузку. Специальный подбор диодов по характеристикам, возможный на заводе-изготовителе, чрезвычайно затруд-

нен, а в условиях эксплуатации при ограниченном числе диодов практически невозможен. Поэтому при параллельном включении диодов число их берут с запасом, учитывающим неравномерное распределение тока по диодам. Коэффициент запаса, учитывающий неравномерность распределения тока между параллельно включенными диодами, принимается равным 1,15—1,25. Число параллельно включенных диодов выбирают для номинальных условий охлаждения по заданному наибольшему продолжительному току нагрузки с проверкой температуры электронно-дырочного перехода при пропуске диодами тока короткого замыкания расчетной длительности.

В выпрямительных установках подвижного состава напряжения, прикладываемые к диодам в непроводящую часть периода, превышают допустимые напряжения одного диода, а поэтому в них несколько диодов соединяют *последовательно*. Число последовательно включенных в плече диодов выбирают из условия обеспечения их электрической прочности при приложении периодически повторяющихся обратных напряжений и коммутационных перенапряжений. Максимальное значение обратного напряжения, воспринимаемого диодами, определяется схемой включения и параметрами преобразователя. При последовательном соединении диодов обратное напряжение между ними распределяется неравномерно вследствие разброса значений их внутреннего сопротивления. Для выравнивания обратного напряжения на последовательно соединенных диодах они шунтируются резисторами одинакового сопротивления. Эти резисторы образуют делитель напряжения. Для того чтобы деление обратного напряжения между диодами определялось сопротивлениями этих резисторов, сопротивление их берется в 3—5 раз меньше минимального сопротивления вентиля.

Вследствие больших допустимых обратных токов лавинные диоды не нуждаются в принудительном равномерном распределении напряжения при последовательном их включении. Обратный ток при последовательном соединении ограничивается теми вентилями, на которых напряжение не достигло значения, соответствующего лавинному заряду.

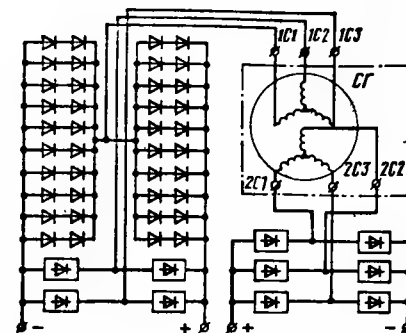
Контрольные вопросы

1. Последовательное и параллельное соединения диодов.
2. Какими параметрами характеризуется полупроводниковый вентиль?

3.3. ВЫПРЯМИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА УВКТ-5

На тепловозах применяется выпрямительная установка УВКТ-5 на кремневых лавинных вентилях, которая состоит из одного шкафа с вентилями. Электрическая схема выпрямительной установки (рис. 51) представляет собой два параллельно соединенных трех-

Рис. 51. Принципиальная электрическая схема выпрямительной установки УВКТ-5



фазных моста, питаемых от синхронного генератора СГ, статорные обмотки которого сдвинуты на 30° эл.

Техническая характеристика выпрямительной установки УВКТ-5, установленной на тепловозе 2ТЭ116

Номинальная мощность, кВт	4200
Номинальный выпрямленный ток, А	5700
Ток перегрузки в течение 5 мин не более, А	8700
Номинальное выпрямленное напряжение не более, В	750
Кратковременное допустимое выпрямленное напряжение, В	850
Частота питающей сети, Гц	от 30 до 133
Напряжение питающего генератора, В	575/350
К. п. д., %	99,3
Охлаждение	воздушное, принудительное
Количество вентилях	240
Тип вентилях	ВЛ-200-8
Габаритные размеры, мм:	
высота	1165
длина	1250
ширина	700
Масса, кг	650

Каждое плечо моста ВУ состоит из 10 параллельно соединенных ветвей, в каждой из которых по два последовательно соединенных вентиля. Конструкция ВУ допускает двустороннее обслуживание. На каждой стороне ВУ размещен один трехфазный мост. Вентили собраны в отдельные блоки с охладителями по 8 шт. Все блоки съемные, что обеспечивает возможность очистки воздушного канала и смену охладителей.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика выпрямительной установки УВКТ-5.
2. Схема соединений вентилях в плечах выпрямительной установки.

4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Аккумуляторные батареи служат для питания энергией генераторов, работающих в режиме электродвигателей или стартер-генераторов при запуске дизелей, питания цепей управления и освещения, а также некоторых вспомогательных цепей при неработающем дизеле. На тепловозах применяются два типа аккумуляторных батарей: кислотные и щелочные. Тип батарей и основные технические данные приведены в табл. 13. Входящие в обозначение аккумуляторной батареи цифры и буквы характеризуют следующие данные батарей: 32, 46, 48 — количество последовательно соединенных аккумуляторов в батарее, 350, 450, 550 — номинальная емкость входящих в батарею аккумуляторов при определенном режиме заряда, А·ч, ТП — назначенные аккумулятора — тепловозный (пусковой), Н — вид электродных пластин аккумулятора по способу нанесения на свинцовую решетку рабочего вещества — намазные, ЖН — железоникелевые батареи.

Аккумуляторами называют химические источники электрической энергии, основанные на использовании обратимых химических реакций. Если в сосуд с раствором серной кислоты поместить один электрод из свинца, а второй — из двуокиси свинца (PbO_2), где ионы свинца имеют четыре положительных заряда, и соединить их проводником, то металлический свинец, переходя в раствор в виде положительных ионов Pb^{2+} , будет отдавать электроду электроны, которые по проводнику перейдут на второй электрод, где и соеди-

нятся с ионами Pb^{4+} , которые превратятся в двухзарядные ионы Pb^{2+} . В результате этих процессов на обоих электродах образуются ионы Pb^{2+} , которые, соединяясь с ионами серной кислоты, образуют сульфат свинца $Pb^{2+} + SO_4^{2-} = PbSO_4$.

Если теперь соединить электроды с внешним источником постоянного тока, то на электродах вновь выделятся те же вещества, которые обеспечивали работу всего устройства в качестве источника энергии. На электроде, соединенном с положительным полюсом, образуется двуокись свинца, а на отрицательном выделятся металлический свинец. Таким образом, описанное устройство способно накапливать энергию, т. е. аккумулировать ее, поэтому эти устройства получили название аккумуляторы.

Аккумулятор характеризуется такими параметрами, как э. д. с., напряжение, сопротивление, емкость, отдача, саморазряд и срок службы.

Электродвижущей силой аккумулятора называется разность его электродных потенциалов при разомкнутой внешней цепи. Измеряется э. д. с. в вольтах.

При разрядке аккумулятора во внешней цепи используется только часть э. д. с., так как некоторая ее часть расходуется на преодоление внутреннего сопротивления аккумулятора. Значение э. д. с., используемой во внешней цепи, называется *напряжением* аккумулятора, или просто *напряжением*. Напряжение измеряется в вольтах.

Сопротивление аккумулятора складывается из сопротивления электродов, электролита и сепараторов.

Под *емкостью* аккумулятора понимается количество электричества в ампер-часах, которое можно получить при разрядке аккумулятора до конечного напряжения по заданному режиму. Если разряд ведется при постоянной величине тока, то величину емкости (А·ч) легко подсчитать по формуле $Q = It$ (где I — ток, А, t — время, ч). При разряде с изменяющимся значением тока необходимо подставлять в уравнение среднее значение тока.

Емкость аккумулятора зависит от толщины электрода, пористости активной массы, концентрации и количества электролита, температуры и значения разрядного тока.

Количество электричества и энергии, затрачиваемое при заряде, всегда значительно больше количества электричества и энергии, получаемого во время разряда. Величины, характеризующие степень использования электричества и энергии, выраженные в процентах, называются *отдачей* аккумулятора. Если величина показывает степень использования количества электричества, то она называется ампер-часовой отдачей, а если — использование энергии, то ватт-часовой отдачей, или к. п. д. аккумулятора.

У свинцово-кислотных аккумуляторов ампер-часовая отдача составляет около 80—85%, у железоникелевых аккумуляторов — 60—70%.

Как при хранении аккумуляторов с электролитом, так и при их работе происходит потеря емкости на вредные побочные про-

Таблица 13

Марка	Тип батареи	Число аккумуляторов	Номинальная емкость, А·ч	Номинальное напряжение, В	Масса с электролитом, кг	Серия тепловоза
32ТН-450	Кислотная	32	450	64	1272	ТЭМ2, 2ТЭП60, М62, ТЭЗ, 2М62, 2ТЭ116, 2ТЭ116
48ТН-450	»	48	450	96	1926	ТЭП70, 2ТЭ121
48ТН-350	»	48	350	96	1472	2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10М
46ТПЖН-550	Щелочная	46	550	57,5	2100	

цессы (утечки тока через случайные замыкания, саморастворение электродов и т. д.). Такие потери емкости называются *саморазрядом*.

Особенности работы аккумуляторных батарей на тепловозах. При запуске вала дизеля необходимо раскрутить до частоты вращения, при которой обеспечивается самовоспламенение впрыскиваемого в цилиндры топлива. Аккумуляторная батарея при запуске подключается к тяговому генератору или стартер-генератору без каких-либо пусковых сопротивлений. Так как пусковая цепь имеет малое сопротивление, то в момент включения пусковых контактов ток бывает большим (для дизеля 10Д100 до 2000 А), но затем быстро (через 0,2—0,3 с) уменьшается по мере увеличения частоты вращения вала дизеля. Частота вращения вала якоря тягового генератора или стартер-генератора в режиме электродвигателя прямо пропорциональна подводимому напряжению. Поэтому основное требование, предъявляемое к тепловозной аккумуляторной батарее, — поддержание достаточно высокого напряжения при прокрутке, необходимого для достижения валом дизеля пусковой частоты вращения.

Контрольные вопросы

1. Назначение аккумуляторных батарей и их маркировка.
2. Принцип работы аккумулятора.

4.2. КИСЛОТНЫЕ И ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Свинцово-кислотный аккумулятор ТН-450 (рис. 52, а) состоит из эбонитового сосуда (бака), который на дне имеет специальные выступы, на которые опираются ножки пластин. Сверху сосуд закрывается эбонитовой крышкой 5. Крышка имеет четыре отверстия для борнов 4 положительного и отрицательного полублоков. Места выхода борнов уплотняются резиновыми кольцевыми прокладками. По периметру бака крышка уплотнена резиновой прокладкой и кислотостойкой мастикой. В центре крышки имеется отверстие для заливки электролита. Центральное отверстие закрывается пробкой 6 с вертикальными и горизонтальными каналами для выхода газов и отражательным щитком 7 для предотвращения выплескивания электролита. Положительный полублок содержит 19 электродов, отрицательный — 20. Электроды 1 представляют собой литые решетки из сплава свинца (95%), и сурьмы (5%), ячейки которых заполнены активной массой. В заряженном состоянии аккумулятора активная масса положительных электродов — двуокись свинца PbO_2 , отрицательных — губчатый свинец Pb . Электроды разной полярности разделены сепараторами 3 из ребристого мипласта и стекловолна.

Электролитом аккумулятора является раствор аккумуляторной серной кислоты H_2SO_4 в дистиллированной воде плотностью 1,24—

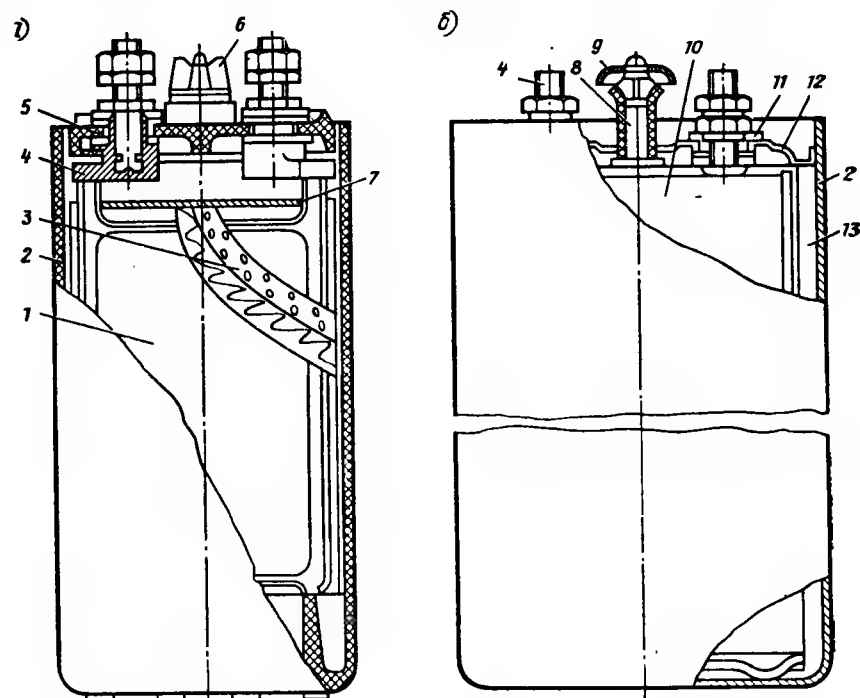
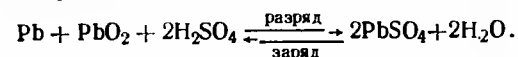


Рис. 52. Аккумуляторы тепловозных батарей:

а — свинцово-кислотный типа ТН-450; б — щелочной типа ТПЖН-550; 1 — электроды; 2 — сосуд (бак); 3 — сепараторы; 4 — борн; 5 — крышка; 6 — пробка; 7 — отражательный щиток; 8 — трубка для заливки электролита; 9 — пробка-клапан; 10 — пластины; 11 — втулка; 12 — крышка; 13 — винилпластовая пластина

1,25 г/см³, залитый в аккумулятор до уровня на 15 мм выше предохранительного изоляционного щитка.

Химические реакции, происходящие в аккумуляторе при разряде и заряде, следующие:



Разряд батареи на тепловозе складывается из ампер-часов, затраченных на питание цепей управления при неработающем дизеле, и ампер-часов, затраченных на подготовку и пуск дизеля. После запуска дизеля аккумуляторная батарея включается на подзарядку для полного восстановления емкости, затраченной аккумуляторной батареей. Хотя аккумуляторная батарея при работе дизеля все время подключена на напряжение вспомогательного генератора, но обычно за 2—4 ч (в зависимости от напряжения подзаряда и температуры электролита) аккумуляторы получают необходимое количество электричества для приведения их в полностью заряженное состояние. Остальное время ток подзаряда идет на электролиз воды, сопровождаемый газовыделением («ки-

Таблица 14

Режим разряда		Напряжение на аккумуляторе в конце разряда, В, не менее	Емкость А·ч, не менее
Длительность разряда	Ток, А		
10 ч	45	1,8	450
5 ч	68	1,7	340
5 мин	900	1,45	75
Прерывистый (15 включений)	1700	1,00	70

пением»), разрушающе действующим на положительные пластины аккумуляторов.

При нормальной эксплуатации максимальная разряженность аккумуляторной батареи на тепловозе не превышает 4—6% номинальной (10-часовой) емкости. В табл. 14 приведены электротехнические характеристики батарей.

Для удобства транспортировки, монтажа и предохранения от повреждений баков аккумуляторы комплектуются в секции по 4 шт. для батареи 32ТН-450 и по 3 шт. для батарей 48ТН-450. Аккумуляторы в батарее соединены медными, покрытыми свинцом, перемычками по схеме (рис. 53).

Перед постановкой новой батареи на тепловоз ей проводится тренировка, заключающаяся в последовательном чередовании циклов (заряд-разряд). Батареям, работающим в южных районах, сообщают два тренировочных цикла, а батареям, работающим в северных районах, — три тренировочных цикла. При проведении тренировочных зарядов и разрядов проводится тщательное и регулярное измерение напряжения, плотности электролита, температуры электролита, температуры окружающего воздуха.

Первый заряд батареи проводят двухступенчатым режимом: первая ступень — током 40 А до достижения 2,4 В на большинстве аккумуляторов, вторая ступень — током 25 А до появления признаков конца зарядки. Признаки конца зарядки: постоянство напряжения и плотности электролита на всех аккумуляторах в течение 2 ч подряд, обильное «кипение» электролита в аккумуляторах. Температура электролита при первом заряде не должна превышать 45°C. Первый разряд батареи ведут 10-часовым режимом током 45 А до напряжения 1,8 В на одном-двух аккумуляторах тренирующейся батареи. Не позднее чем через 2 ч батарею включают на второй заряд.

Второй и последующие заряды ведут также двухступенчатым режимом: первая ступень — током 65 А до напряжения 2,4 В на большинстве аккумуляторов, вторая ступень — током 35 А до появления признаков конца заряда. Второй и последующие разряды аналогичны первому разряду. Батарея пригодна для установки на тепловоз, если при втором разряде имеет емкость не менее 80% и на третьем разряде — не менее 85% емкости 10 ч разряда, приведенной к температуре 30°C.

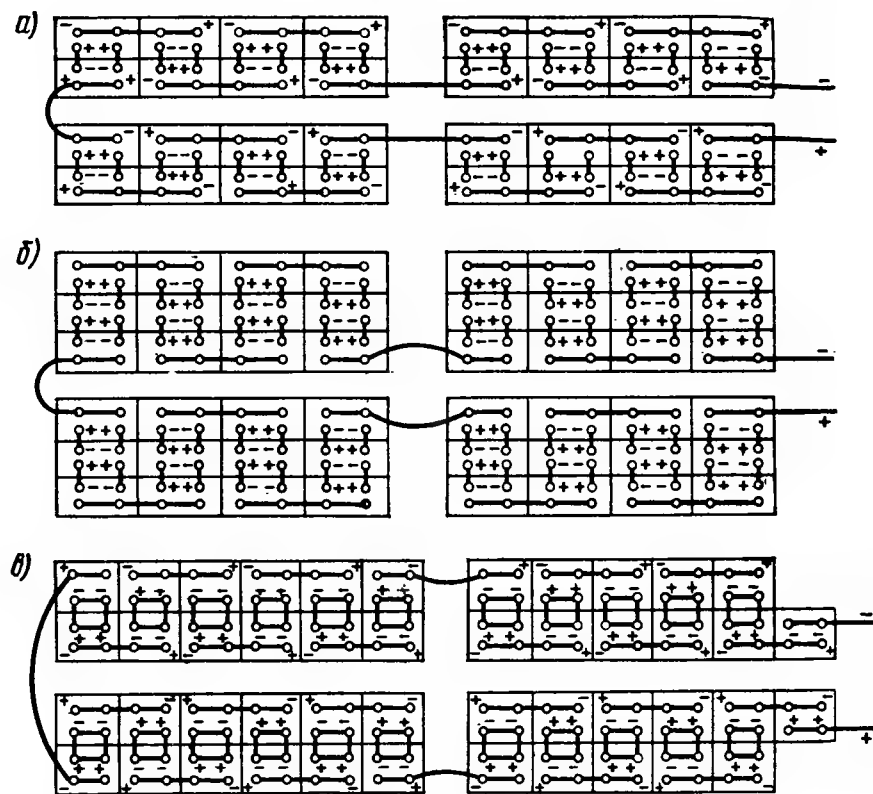


Рис. 53. Схема соединения аккумуляторов в батареях:

а — 32ТН-450; б — 48ТН-450; в — 48ТПЖН-550

Заряженные батареи, предназначенные для работы в южных районах, должны иметь плотность электролита 1,24—1,25 г/см³, для работы в северных районах: 1,24—1,25 г/см³ в летние месяцы, 1,26—1,27 г/см³ в зимние месяцы. Уровень электролита в заряженной батарее должен быть на 15 мм выше предохранительного щитка.

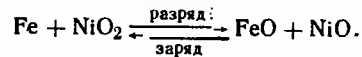
Щелочной железоникелевый аккумулятор ТПЖН-550 (рис. 52, б) состоит из двух блоков положительных и отрицательных пластин. Оба блока помещены в стальной сосуд 2. Положительные и отрицательные пластины состоят из ламелей (коробочек), соединенных между собой в замок и укрепленных с обеих сторон стальными ребрами, к ребрам приварены контактные планки. Пластины отделены друг от друга перфорированными волнистыми сепараторами или резиновыми шнурами. Одноименные пластины каждого блока собраны на шпильке и закреплены гайками. От стенок сосуда блок пластин изолируется вставленной по периметру винипластовой пластиной 13. Каждый блок имеет по два борна. Борны

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

выведены через отверстия крышки в сосуде и изолированы от нее винипластовыми и резиновыми кольцами, которые собраны в герметичный узел, препятствующий вытеканию электролита из аккумулятора. Для заливки аккумулятора электролитом в крышке сосуда имеется трубка 8, в которую ввинчена пластмассовая пробка-клапан 9. Аккумуляторный сосуд окрашен снаружи эпоксидной эмалью и защищен резиновым чехлом с целью изоляции аккумуляторов друг от друга и от батарейного ящика.

Активной массой положительных пластин в заряженном состоянии является двуокись никеля NiO_2 , а отрицательных — восстановленная смесь руды Fe. Электролитом щелочных аккумуляторов служит раствор КОН в дистиллированной воде с добавлением 20 г/л гидрата окиси лития $\text{Li}(\text{OH})_2$, залитый в аккумулятор до уровня 40—50 мм выше верхних кромок сепараторов.

В простейшем виде химические реакции, происходящие в аккумуляторе при заряде и разряде, следующие:



Особенностью щелочных аккумуляторов является то, что концентрация раствора КОН при разряде остается неизменной, а поэтому напряжение щелочных аккумуляторов почти не зависит от плотности электролита.

Перед постановкой новой батареи на тепловоз она подвергается одному — трем тренировочным циклам (заряд-разряд) режимом: заряд током 150 А в течение 12 ч, разряд током 110 А в течение 5 ч. Разряд прекращается при достижении напряжения 1 В хотя бы на одном аккумуляторе.

Второй и третий тренировочные циклы проводятся в том случае, если на предыдущем цикле имеются аккумуляторы с напряжением ниже 1 В. После тренировочных циклов проводится контрольный цикл: заряд током 150 А в течение 6 ч, разряд током 110 А до напряжения 1 В на одном аккумуляторе. Батарея считается пригодной к эксплуатации, если она отдает на контрольном разряде не менее 90% номинальной емкости, т. е. 500 А·ч.

Аккумуляторные батареи на магистральных тепловозах размещаются в специальных отсеках под главной рамой по обе стороны топливного бака. Это обеспечивает удобство их монтажа и обслуживания из кузова тепловоза или прямо с земли. На маневровых тепловозах аккумуляторная батарея размещается в специальном отсеке за кабиной машиниста.

Контрольные вопросы

1. Устройство свинцово-кислотного аккумулятора ТН-450.
2. Химические реакции, происходящие при заряде и разряде свинцового кислотного аккумулятора.
3. Устройство щелочного железоникелевого аккумулятора.
4. Химические реакции, происходящие при заряде-разряде щелочного железоникелевого аккумулятора.
5. Преимущества и недостатки щелочных и кислотных аккумуляторов.

Электрические аппараты, устанавливаемые на тепловозе, можно разделить по функциональному назначению на несколько групп: коммутационные, регулирования, управления, защиты, контроля и вспомогательные.

К *коммутационным аппаратам* относятся поездные контакторы, реверсор, тормозной переключатель, контакторы ослабления возбуждения, выключатель батареи и др. Коммутационные аппараты предназначены для выполнения переключений в силовых электрических цепях.

Аппараты управления осуществляют различные функции управления электрическими цепями передач тепловозов. К аппаратам управления относятся реле, регуляторы, контроллеры, кнопочные выключатели и др. Напряжение цепей управления на тепловозах 75 или 110 В.

Аппаратура регулирования включает в себя ряд аппаратов, основное назначение которых — создание гиперболической характеристики, а также ограничение напряжения и тока тягового генератора. На современных тепловозах система регулирования тягового генератора предусматривает систему замкнутого автоматического регулирования мощности, тока и напряжения. Основными элементами системы являются амплистат, трансформаторы постоянного тока и напряжения, селективный узел, в котором используются полупроводниковые кремниевые выпрямители, индуктивный датчик. На тепловозах с электрической передачей переменного тока в системе регулирования нашли применение блоки с использованием тиристоров, магнитных и транзисторных элементов.

Аппараты защиты и контроля реагируют на предельные значения каких-либо параметров или режимов работы (реле заземления, максимального тока, предохранители и др.).

Электрические вспомогательные аппараты (зажимы, соединения, арматура и др.). На подвижном составе электрические аппараты работают в очень тяжелых условиях, так как испытывают вибрации и тряску, значительные колебания температуры, воздействия влаги, пыли, масла. Эти условия работы требуют от конструкции аппаратов высокой степени надежности, исключения самопроизвольного срабатывания аппаратов, высоких антикоррозионных свойств всех элементов электрических аппаратов. Для уменьшения вредных воздействий на аппараты их устанавливают в специальные шкафы (аппаратные камеры), некоторые аппараты

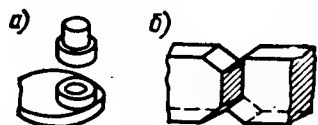
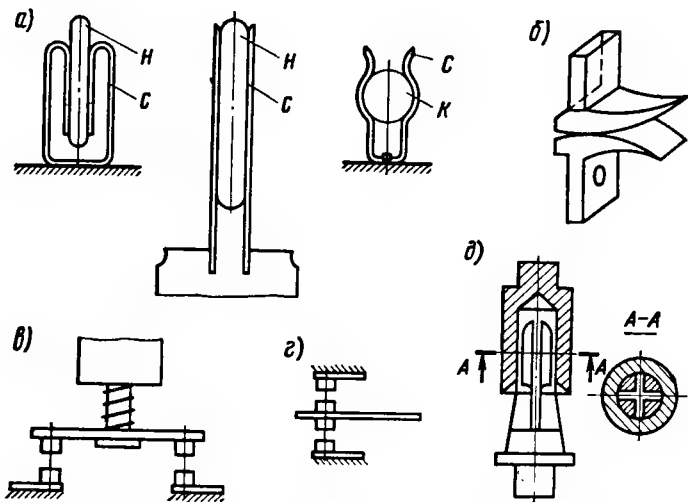


Рис. 54. Формы контактов:
а — точечные; б — поверхностные; в — линейные



Рис. 55. Конструкция контактов, применяемых на тепловозах:

а — клиновые; б — линейные Г-образные; в — мостиковые; г — переключающие; д — штепсельные



устанавливают на амортизаторах, наиболее точные и чувствительные закрывают кожухами, детали из меди или медных сплавов покрывают оловом, красят эмалями и лаками. Детали, изготовленные из черных металлов, оцинковывают или окрашивают.

Электрическим контактом называется место перехода тока из одной детали в другую, а сами детали называются контактами. Контакты делятся на подвижные и неподвижные. К неподвижным контактным соединениям относятся такие, которые в процессе работы не разъединяются (соединение шин, кабельных наконечников, проводов на зажимах и др.). К подвижным контактным соединениям относятся контакты аппаратов, которые в процессе работы разъединяются.

По назначению контакты делятся на силовые (главные), которые, замыкая или размыкая цепь, управляют протеканием в них тока, и на вспомогательные. Вспомогательные контакты служат для обеспечения необходимой последовательности включений или выключений других аппаратов и цепей, а также для сигнализации о выключении или включении цепей. По способу действия контакты делятся на замыкающие и размыкающие.

При обесточенной катушке аппарата замыкающие контакты разомкнуты, размыкающие — замкнуты. По форме соприкасаю-

щихся поверхностей различают контакты: точечные, у которых соприкосновение происходит в одной точке или поверхностями малого радиуса (рис. 54, а); линейные, соприкасающиеся по прямой линии или практически по очень узкой поверхности (рис. 54, б); поверхностные (рис. 54, в). В аппаратах тепловозов применяют различные контакты. Клиновые контакты применяют у рубильников, переключателей и в держателях плавких предохранителей. Нож рубильника Н (рис. 55, а) или металлический колпачок К предохранителя входят в пружинящие стойки С, упругостью которых создается плотность контакта. Линейные Г-образные контакты применяют для замыкания и размыкания цепей под нагрузкой (рис. 55, б). Нажимные контакты мостикового типа с двумя разрывами цепи (рис. 55, в) и переключающего типа с одним разрывом (рис. 55, г) применяют в реле, штепсельные (рис. 55, д) — для соединения цепей управления тепловозов, работающих по системе многих единиц.

Основными параметрами, характеризующими работу подвижного контактного соединения, являются: контактное сопротивление, начальное нажатие, конечное нажатие, раствор (разрыв), провал, притирание. Состояние контактного соединения оценивается контактным сопротивлением, которое определяется переходным сопротивлением и сопротивлением поверхностных пленок $R_k = R_{пер} + R_n$ (где R_k — контактное сопротивление; $R_{пер}$ — переходное сопротивление; R_n — сопротивление поверхностных пленок).

Переходное сопротивление $R_{пер}$ определяется физическими свойствами материала контактов, состоянием поверхности (микрогеометрией), формой контакта и давлением. На значение сопротивления поверхностных пленок R_n влияет отношение материала контактов к химическим реакциям, при которых под воздействием температуры, состава атмосферы, вида замыкания образуются поверхностные пленки.

Контактное сопротивление определяет значение допустимого тока. При токе, большем допустимого значения, контакты нагреваются, контактное сопротивление резко возрастает, что может привести к подплавлению или свариванию контактов.

Усилие, создаваемое контактной пружиной, в точке первоначального сопротивления контактов называется **начальным нажатием**. Усилие, создаваемое контактной пружиной, в точке конечного касания (при полностью включенном контакторе) называется **конечным нажатием**. Конечное и начальное нажатия определяют значение контактного сопротивления в начале и в конце замыкания контактов. Малое начальное нажатие приводит к увеличению контактного сопротивления в момент касания контактов, что приводит к нагреву и оплавлению контактов, большое начальное нажатие может привести к застреванию подвижного контакта в промежуточном положении.

Конечное нажатие определяет значение контактного сопротивления контактов в замкнутом состоянии, а следовательно, его значение будет определять температуру нагрева контактов.

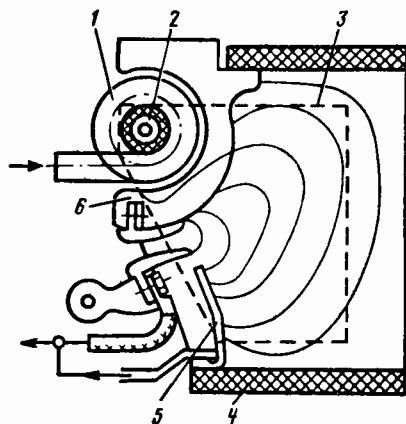


Рис. 56. Электромагнитное дугогасящее устройство:

1 — дугогасительная катушка; 2 — сердечник; 3 — полюсы; 4 — дугогасительная камера; 5, 6 — дугогасительные рога

Раствор — кратчайшее расстояние между контактными поверхностями подвижного и неподвижного контактов в разомкнутом состоянии. Раствор создает необходимый изоляционный промежуток между контактами. Малый раствор может вызвать перекрытие между контактами, большой — увеличивает время срабатывания и может не обеспечить требуемого нажатия.

В процессе включения контактов происходит их относительное скольжение и перекатывание. Это разрушает поверхностные пленки и переносит рабочую точку контактов от места включения и выключения. Процесс совместного скольжения и перекатывания контактов от точки соприкосновения

до конечного рабочего положения называется *притиранием контактов*. Притирание контактов обеспечивается провалом. **Провал** — это расстояние, которое мог бы пройти подвижной контакт от момента соприкосновения с неподвижным, если убрать неподвижный контакт.

В контактах аппаратов силовых цепей при разрыве цепи образуется *электрическая дуга*. Это объясняется следующим. Перед размыканием контактов нажатие резко уменьшается, контактное сопротивление увеличивается, что вызывает сильный нагрев поверхностей соприкосновения контактов. Окружающий воздух нагревается и ионизируется, т. е. становится проводником, а по-

этому между контактами, хотя они и не соприкасаются, цепь не разомкнута и ток некоторое время течет через ионизированный воздух. Температура дуги достигает около 3000°C , при горении дуги может произойти оплавление контактов, перенос металла, т. е. дуга вызывает преждевременный выход из строя аппарата. Для ликвидации вредных воздействий образующейся при разрыве контактов дуги аппараты имеют *дугогасительные устройства* (рис. 56), состоящие из катушки 1 с сердечником 2, к которому с двух сторон примыкают стальные по-

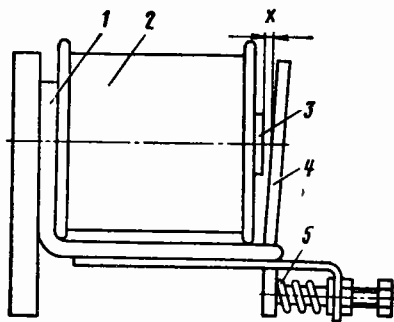


Рис. 57. Схема аппарата с электромагнитным приводом:

1 — ядро; 2 — катушка; 3 — сердечник; 4 — якорь; 5 — выключающая пружина; x — воздушный зазор

люсы 3, дугогасительных рогов 5, 6 и дугогасительной камеры 4. Гашение дуги основано на законе взаимодействия магнитного поля дуги с магнитным полем дугогасительного устройства. При размыкании контактов между ними возникает дуга. *Дуга* — это направленное движение электронов, следовательно, вокруг дуги будет магнитное поле. Это поле взаимодействует с полем, создаваемым дугогасительной катушкой так, что дуга выталкивается по направлению к дугогасительным рогам. При выталкивании дуга удлиняется до тех пор, пока не произойдет ее разрыв. Направление выталкивания дуги определяется по правилу левой руки. Чтобы ускорить гашение дуги, в дугогасительных камерах тепловозных контакторов созданы продольные перегородки. Перегородки расщепляют дугу на несколько параллельных пучков, которые, соприкасаясь с холодными перегородками, дополнительно охлаждаются. Дугогасительная камера препятствует перебросу электрической дуги на близко расположенные металлические части. Их изготовляют из асбестоцемента, который обладает высокой теплостойкостью и хорошими изолирующими свойствами.

Замыкание или размыкание контактов контакторов или реле связано с их перемещением. Устройство, приводящее в движение подвижной контакт, называется *приводом*. Приводы могут быть непосредственные (ручные), электромагнитные, электропневматические и электродвигательные. Непосредственные приводы применяются в контроллерах машиниста, рубильниках, выключателях и т. д.

В электромагнитном приводе перемещение подвижной системы создается за счет притяжения якоря 4 (рис. 57) к сердечнику 3 электромагнита. Магнитный поток, создаваемый катушкой 2 при протекании по ней тока, замыкается через ярмо 1, сердечник 3, якорь 4 и воздушный зазор x. Когда цепь катушки аппарата разрывается, якорь перемещается в исходное (выключенное) состояние пружиной 5. Электромагнитный привод получил большое распространение в электрических аппаратах, где требуется небольшой ход подвижной системы и относительно небольшое усилие благодаря простоте и надежности работы.

Там, где требуется большое усилие нажатия при больших перемещениях, применяются пневматические приводы. При перемещениях до 50 мм применяют диафрагменные приводы (рис. 58, а), где требуются большие перемещения, — поршневые (рис. 58, б). Принцип работы пневматического привода следующий: при пуске воздуха в рабочую камеру 1 поршень 8 перемещает шток 5 (или диафрагма прогибается, перемещая шток 5), связанный с подвижным контактом аппарата, который в конце хода поршня займет замкнутое положение. При выпуске воздуха под действием пружины поршень переместится вместе со штоком в начальное положение (выключенное), подвижной контакт разомкнет цепь. Такие аппараты, как реверсор, тормозной переключатель, имеют двухпозиционные приводы, т. е. приводы, имеющие два фиксированных положения. Выпуск воздуха из рабочей камеры не изме-

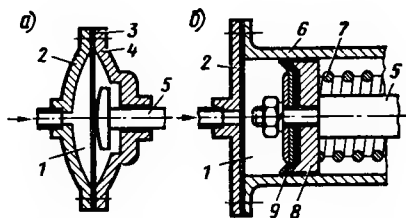


Рис. 58. Схемы пневматических приводов:

а — диафрагменного; б — поршневого; 1 — рабочая камера; 2 — крышка; 3 — диафрагма; 4 — корпус; 5 — шток; 6 — цилиндр; 7 — пружина; 8 — поршень; 9 — манжета

няет положение этих аппаратов и переход в другое положение возможен только после подачи воздуха во вторую рабочую камеру. Электродвигательный привод применяется при большом числе позиций. На тепловозных аппаратах такие приводы не применяются.

Контрольные вопросы

1. Условия работы электрических аппаратов и требования, предъявляемые к ним.
2. Типы контактов электрических аппаратов.
3. Параметры, характеризующие электрические контакты.
4. Электрическая дуга и дугогасящие устройства в электрических аппаратах.
5. Какие существуют приводы электрических аппаратов?

5.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОНТАКТОРЫ

Электромагнитные контакторы на тепловозах применяются в цепи пуска дизеля, возбуждения тягового генератора, возбуждения возбуждителя, вспомогательного генератора, цепи электродвигателя маслопрокачивающего насоса, электродвигателя топливоподкачивающего насоса, цепи электродвигателя компрессора и включения вспомогательных машин переменного тока на тепловозах с передачей переменного-постоянного тока. Основные технические данные

Таблица 15

Тип контактора	Ток длительный, А	Напряжение максимальное, В	Число контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие, Н	
						начальное	конечное
ТКПМ-111	80	220	1	8	4	2,5	7,0
ТКПМ-121	80	220	2	8	4	2,5	7,0
ТКПД-111	60	220	1	8	4	2,5	7,0
ТКПД-121	60	220	2	8	4	2,5	7,0
ТКПД-121А	60	220	2	8	4	2,5	7,0
ТКПД-114В	400	550	1	16	6	15	32
КПВ-504	300	220	1	13—17	3,1—3,7	27—33	60—70
КПВ-603	150	220	1	14—18	2,4—3,0	12—15	28—33
КПВ-604	300	220	1	18—22	3,1—3,7	28—33	50—60

Таблица 16

Тип контактора	Ток длительный, А	Число контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие, Н	
					начальное	конечное
ТКПМ-111	10	2р.	6	2,5	1,0	2,0
ТКПМ-121	10	1з., 1р.	6	2,5	1,0	2,0
ТКПД-111	10	2р.	6	2,5	0,6	1,5
ТКПД-121	10	1з., 1р.	6	2,5	0,6	1,5
ТКПД-121А	10	2р.	6	2,5	0,6	1,5
ТКПД-114В	10	1з., 1р.	6	2,5	0,6	1,5
КПВ-504	10	2з., 2р.	4,0/3,5	1,5—2,0	—	1,0
КПВ-603	10	2з., 2р.	4,0/3,5	2—4	—	1,0
КПВ-604	10	2з., 2р.	4,0/3,5	2—4	—	1,0

Примечания. 1. Буква з. обозначает замыкающие контакты, р. — размыкающие.
2. В числителе приведены данные для замыкающих контактов, в знаменателе — для размыкающих.

главных контактов контакторов приведены в табл. 15, вспомогательных — в табл. 16.

Электромагнитные контакторы КПВ-604 (рис. 59) служат для подключения стартер-генератора или тягового генератора к аккумуляторной батарее во время запуска дизеля. К панели 1 крепится скоба магнитопровода 23. На скобе магнитопровода сверху устанавливается изоляционная пластмассовая колодка 8, к которой крепятся дугогасительная катушка 10, дугогасительная камера 13 с полюсами 12 и неподвижный контакт 15. Дугогасительная камера удерживается плоскими пружинами 14. На втором конце скобы укреплены сердечник 22 с втягивающей катушкой 24. Якорь 20 вставляется в прорезь основной скобы и пружинами прижимается к призме 4. На якоре закреплена скоба 7, несущая подвижной контакт 16 с притирающей пружиной 18. На скобе 23 установлены вспомогательные контакты 2, для их переключения к якору контактора крепится специальная нажимная пластина 3.

При подаче напряжения на катушку 24 к ее сердечнику притягивается якорь 20, и подвижной контакт, закрепленный на якоре, замыкается с неподвижным. Одновременно нажимная пластина 3 производит переключение вспомогательных контактов.

Электромагнитные контакторы ТКПМ-111 (рис. 60) служат для включения возбуждения возбуждителя, электродвигателя топливоподкачивающего насоса, а электромагнитный контактор ТКПМ-121 — включения возбуждения тягового генератора, электродвигателя маслопрокачивающего насоса, возбуждения стартер-генератора. Конструктивно эти контакторы выполнены аналогично. В отличие от контактора ТКПМ-111 контактор ТКПМ-121 имеет две пары замыкающих главных контактов. Основание 2 (см. рис. 60) контактора выполнено так, что с правой стороны его устанавливается вторая дугогасительная система и неподвижный контакт 6. На якоре 10 контактора также с правой стороны закреплена

вторая изоляционная колодка 9 с подвижным контактом 7. При подаче напряжения на катушку якорь 10 поворачивается вокруг кромки яра 13, притягиваясь к сердечнику 12. Одновременно замыкаются главные контакты (подвижной 7 с неподвижным 6), и пластина нажимает на траверсу вспомогательных контактов, переключая их.

Электромагнитные контакторы ТКПД-114В (рис. 61) предназначены для соединения полюсов цепей аккумуляторных батарей двух секций тепловоза при пуске дизеля, цепи возбуждения тягового генератора и включения электродвигателя компрессора. Контакт собран на изоляционном основании 3, к которому крепятся магнитная и дугогасительная системы. Магнитная система, состоящая из яра 8, сердечника с катушкой 2 и якоря 10, крепится на кронштейне 9, к которому угольником 11 прикреплены вспомогательные контакты 1. Якорь двумя пружинами 12 прижимается к призме, закрепленной на угольнике яра. Дугогасительная система закрепле-

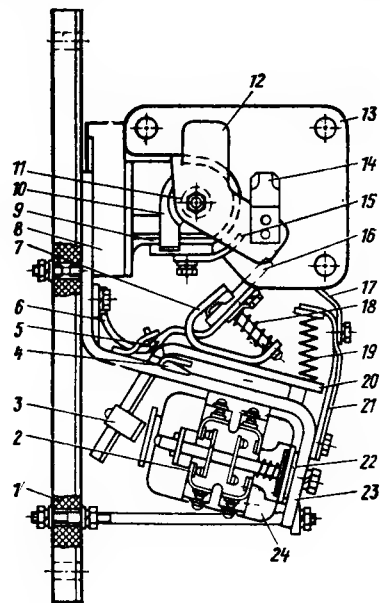


Рис. 59

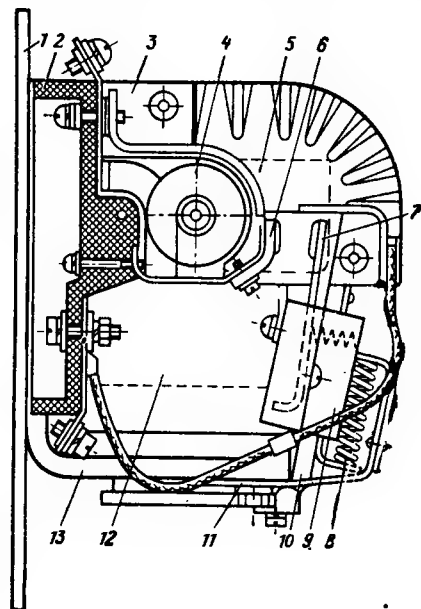


Рис. 60

Рис. 59. Электромагнитный контактор КPB-604:

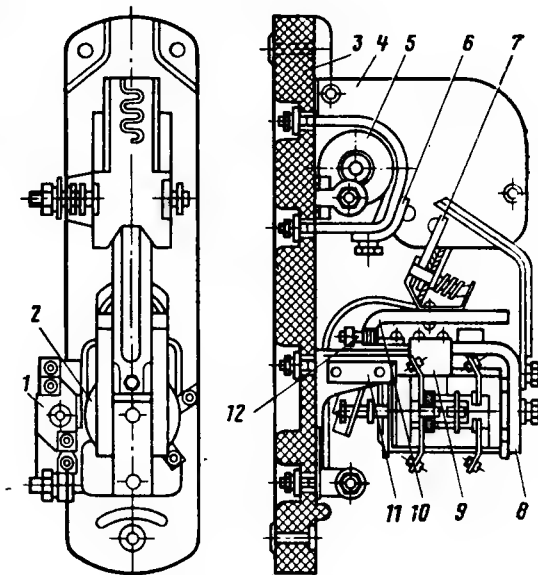
1 — панель; 2 — вспомогательные контакты; 3 — нажимная пластина; 4 — призма; 5 — пружина; 6 — гибкое соединение; 7, 9, 21 — скобы; 8 — пластмассовая колодка; 10 — дугогасительная катушка; 11 — сердечник; 12 — полюс; 13 — дугогасительная камера; 14 — пружина плоская; 15 — неподвижный контакт; 16 — подвижной контакт; 17 — дугогасительный рог; 18 — притирающая пружина; 19 — возвратная пружина; 20 — якорь; 22 — сердечник; 23 — скоба магнитопровода; 24 — втягивающая катушка

Рис. 60. Электромагнитный контактор ТКПМ-111:

1 — планка; 2 — основание; 3 — дугогасительная камера; 4 — дугогасительная катушка; 5 — полюс; 6 — неподвижный контакт; 7 — подвижной контакт; 8 — пружина главная; 9 — колодка; 10 — якорь; 11 — скоба; 12 — сердечник и катушка втягивающие; 13 — яро

Рис. 61. Электромагнитный контактор ТКПД-114В:

1 — вспомогательные контакты; 2 — втягивающая катушка; 3 — основание; 4 — дугогасительная камера; 5 — дугогасительная катушка; 6 — неподвижный контакт; 7 — подвижной контакт; 8 — яро; 9 — кронштейн; 10 — якорь; 11 — угольник; 12 — пружина



на с помощью скобы и двух пластин. Дугогасительная камера 4 крепится специальными гайками. При отключении аппарата якорь возвращается в исходное положение под воздействием собственного веса.

Контрольные вопросы

1. Назначение электромагнитных контакторов.
2. Назначение, техническая характеристика и устройство контактора КPB-604 (ТКПМ-111, ТКПМ-121, ТКПД-114В).

5.3. ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНТАКТОРЫ

Электропневматические контакторы предназначены для подсоединения тяговых электродвигателей к тяговому генератору. Основные технические данные главных контактов контакторов приведены в табл. 17, вспомогательных — в табл. 18.

На панели 1 (рис. 62) электропневматического контактора ПК-753 крепится литой кронштейн 2. На кронштейне установлена дугогасительная катушка 3 и неподвижный контакт 4. В нижней части панели 1 крепится цилиндр 16 электропневматического привода. В цилиндре помещается поршень 15 со штоком 13, поршень отжимается в левое крайнее положение выключающей пружиной 14. Шток привода связан шарнирно с фигурным рычагом 9, к которому крепится изоляционная колодка 10 с подвижными вспомога-

Таблица 17

Тип контактора	Ток длительный, А	Напряжение номинальное, В	Растаор, мм	Провал, мм	Нажатие, Н
ПК-753Б-1	830	540	14,5—16,5	13—15	550—630
ПК-753Б-5	830	540	14,5—16,5	13—15	550—630
ПК-753Б-6	830	540	14,5—16,5	13—15	550—630
ПКГ-565	450	540	6	4	2×120
ПКГ-566	450	540	6	4	2×120

тельными контактами. Подвижной контакт 5 вместе с притирающей пружиной 8 шарнирно связан с рычагом 9. Силовые контакты подвижной и неподвижный закрыты дугогасительной камерой 7 с полюсами 6. Фиксирующая дугогасительную камеру пружинная планка оканчивается дугогасительным рогом. При подаче напряжения на катушку электропневматического вентиля он срабатывает, и сжатый воздух из резервуара управления поступает в цилиндр. Под действием сжатого воздуха поршень 15, преодолевая усилие пружины 14, перемещается вместе со штоком 13 вправо. Конец штока при этом поворачивает фигурный рычаг 9 с укрепленным на нем подвижным контактом 5. Как только силовые контакты сомкнутся, держатель подвижного контакта сжимает притирающую пружину 8 и, поворачиваясь на собственном валике, притирает контактные поверхности. При вращении рычага 9 перемещается и укрепленная на нем колодка с подвижными контактами (пластинами), которые замыкают вспомогательные контакты 11.

При разрыве цепи катушки вентиля его впускной клапан закрывается, а выпускной открывается и сообщает цилиндр с атмосферой. Под действием выключающей пружины поршень со штоком возвращаются в исходное положение, а главные и вспомогательные контакты размыкаются.

Таблица 18

Тип контактора	Ток длительный, А	Напряжение номинальное, В	Число контактов	Провал, мм	Нажатие, Н
ПК-753Б-1	5	75	1з.	2—3	10—12,5
ПК-753Б-5	5	110	2з., 1р.	2—3	10—12,5
ПК-753Б-6	5	75	2з., 1р.	2—3	10—12,5
ПКГ-565	2	75	2з., 2р.	—	1,1—1,3
ПКГ-566	2	110	2з., 2р.	—	1,1—1,3

Примечание. Буква з. обозначает замыкающие контакты, р. — размыкающие.

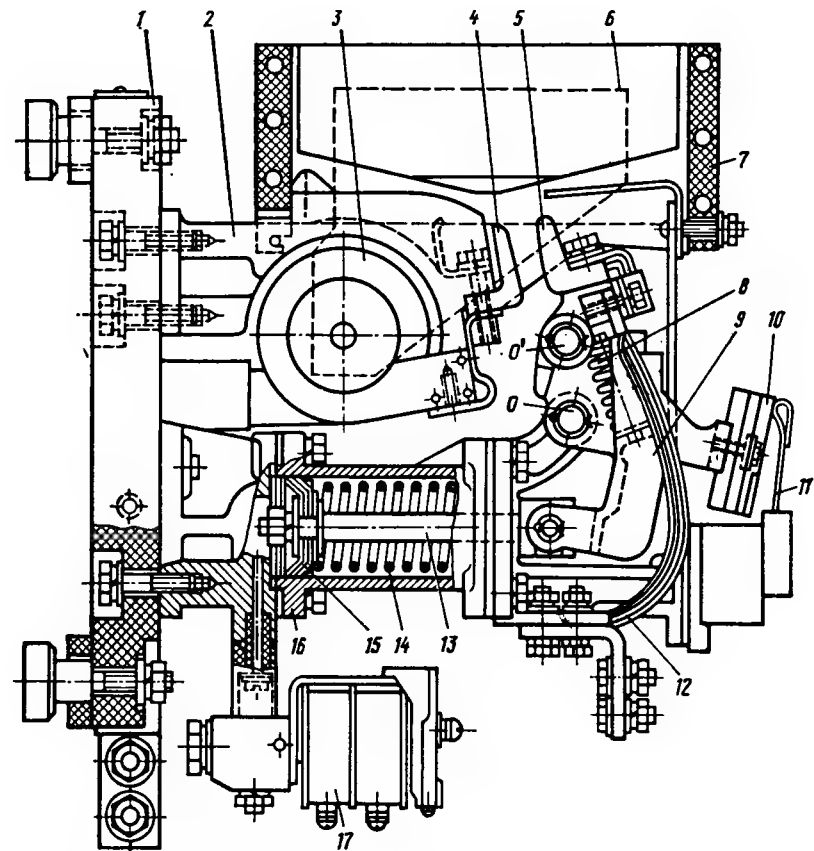


Рис. 62. Электропневматический контактор ПК-753:

1 — панель; 2 — кронштейн; 3 — дугогасительная катушка; 4 — неподвижный контакт; 5 — подвижной контакт; 6 — полюс; 7 — дугогасительная камера; 8 — притирающая пружина; 9 — рычаг; 10 — изоляционная колодка; 11 — вспомогательные контакты; 12 — гибкий шунт; 13 — шток; 14 — выключающая пружина; 15 — поршень; 16 — цилиндр; 17 — электропневматический вентиль

Групповые электропневматические контакторы. Групповые электропневматические контакторы применяются на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, М62, 2ТЭ116 и служат для подключения параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей резисторов ослабления возбуждения. Главные контакты групповых электропневматических контакторов рассчитаны на длительный ток 450 А и имеют раствор 6 мм, провал 4 мм, нажатие 2×120 Н, вспомогательные контакты рассчитаны на ток 2 А и имеют нажатие 1,1—1,3 Н. Групповой электропневматический контактор (рис. 63) состоит из привода, к корпусу которого крепится электропневматический вентиль 1. Диафрагмой 9 внутренний объем корпуса делится на две части, к нижней подводится воздух от

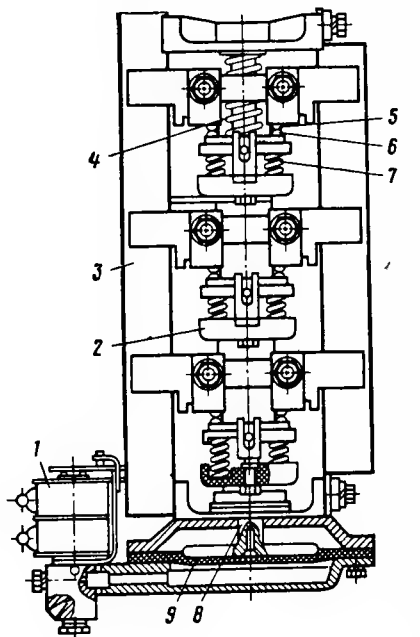


Рис. 63. Электропневматический групповой контактор:

1 — электропневматический вентиль; 2 — контактодержатель подвижных контактов; 3 — стойка; 4 — выключающая пружина; 5 — неподвижные контакты; 6 — подвижные контакты; 7 — пружина; 8 — шток; 9 — диафрагма

электропневматического вентиля, а в верхней расположен шток 8, торец которого опирается на диафрагму. К штоку крепятся контактодержатели 2 с подвижными контактами 6 мостикового типа. Неподвижные контакты крепятся к стойкам 3 через пластмассовые изоляционные контактодержатели. При включении электропневматического вентиля воздух поступает под диафрагму, диафрагма прогибается и давит на шток, шток перемещается вверх и подвижные контакты замыкаются с неподвижными. Нажатие на контакты создается пружиной 7, одновременно сжимается выключающая пружина 4. При выключении электропневматического вентиля объем под диафрагмой соединяется с атмосферой, и под действием выключающей пружины шток опустится вниз, а подвижные контакты разомкнут ранее замкнутую цепь. Главные контакты групповых электропневматических контакторов выполнены из металлокерамики СОК-15

(15% серебра и 85% оксида кадмия), имеющей низкое переходное сопротивление, так как сопротивление резисторов ослаблению возбуждения тяговых двигателей невелико.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика групповых электропневматических контакторов.
2. Устройство и работа привода.
3. Устройство и работа группового электропневматического контактора.

5.4. РЕВЕРСОРЫ

Реверсоры служат для изменения направления движения тепловоза за счет изменения направления тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей. Изменение направления движения осуществляется при остановленном тепловозе, т. е. при обесточенной цепи, а поэтому главные контакты реверсора не имеют дугогашения. На тепловозах применяются два вида реверсоров: кулачковые и барабанные.

Реверсоры барабанного типа ПР-1М, ПР-758А и ПР-720 установлены соответственно на тепловозах ТЭЗ, ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 и ТЭМ2. Отличаются они друг от друга числом сегментов, которое определяется количеством тяговых электродвигателей и схемой их соединения. Основные технические данные контактов реверсоров барабанного типа:

Напряжение максимальное, В	900
Ток длительный, А	830
Нажатие главных контактов, Н	50—60
Нажатие вспомогательных контактов, Н	9—22,5
Провал главных контактов, мм	2—3
Провал вспомогательных контактов, мм	2—3

Реверсор (рис. 64) состоит из следующих сборочных единиц: диафрагменного привода 1 с электропневматическим вентилем 4, сегментного барабана 6, укрепленного на шестигранном валу, неподвижных силовых контактов 8 с левой и правой стороны барабана 6 и барабана 5 вспомогательных контактов, расположенного между приводом и главным барабаном. Силовые неподвижные контакты выполнены в виде медных пальцев 8, шарнирно установленных по 4 шт. на стальных пальцедержателях 12, закрепленных на изолированных шестигранных стойках. Контактный палец опирается на пальцедержатель штифтом 11. Нажатие контактных пальцев создается пружиной 10, опирающейся на скобу 15. Регулировочный винт 16 от самоотвинчивания предохраняется шплинтом. Отвод тока от контактных пальцев к контактным зажимам выполняется гибким соединением 14 и медной планкой 13.

Силовые подвижные контакты 7 изготовлены из латуни в виде фигурных сегментов, смонтированных попарно в группы и закрепленных на изолированном шестигранном валу. Правая часть сегмента в каждой паре отделяется от левой соседнего сегмента фибровой прокладкой. Вал сегментного барабана устанавливается в верхнем и нижнем подшипниках скольжения, снабженных масленками 2 для смазки.

Подвижные вспомогательные контакты изготовлены из медных пластинок 23 и укреплены шурупами на пропитанных изолирующим составом деревянных сегментах 20, в свою очередь укрепленных винтами на литом стальном сегментодержателе 21 с шестигранным отверстием. Сегментодержатель гранями шестигранного отверстия прижат болтами к граням шестигранного вала 22. Неподвижные вспомогательные контакты выполнены в виде контактных пальцев 18 из пружинной стали и укреплены стальной пластиной 17 на деревянной колодке 19, пропитанной изолирующим составом.

Электропневматический привод реверсора состоит из корпуса 24, между фланцами которого и крышками 30 установлены резиноканевые диафрагмы. Между диафрагмами в корпусе установлен шток 27 с двумя упорными шайбами 28. К штоку крепится планка 26, в отверстие которой заведена сферическая головка

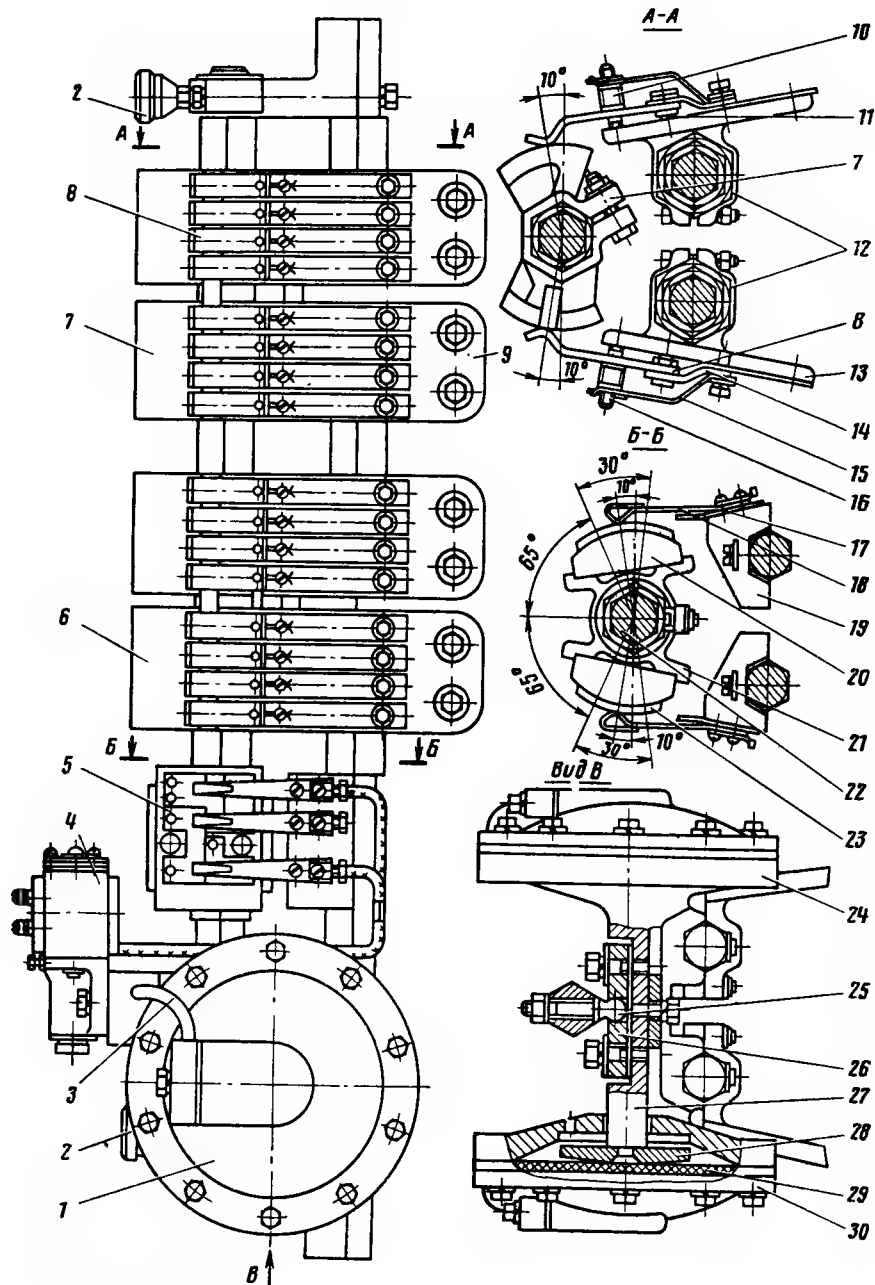


Рис. 64. Реверсор ПР-720

поводка 25, жестко закрепленного на валу сегментного барабана. На корпусе привода установлены два электропневматических вентиля, отверстие для выходящего воздуха каждого из которых связано с пространством между диафрагмой 29 и крышкой 30.

При установке реверсивной рукоятки контроллера машиниста в положение «Вперед» или «Назад» включается соответствующий электропневматический вентиль, воздух поступает в объем между диафрагмой и крышкой, диафрагма прогибается, давит на упорную шайбу 28 и перемещает шток 27 в одно из крайних положений. Соответственно перемещается головка поводка 25 и поворачивает вал барабана 6, в результате будет замкнута силовая цепь. При переключении реверсивной рукоятки в другое положение первый вентиль отключается, а второй включается. В этом случае воздух поступает под другую диафрагму, и шток переместится в другое крайнее положение и повернет сегментный барабан в противоположном направлении на 30°. При этом силовая цепь замкнется так, что ток в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей изменит направление.

В нейтральном положении реверсор не фиксируется, но на ремонтах его можно поставить в нейтральное положение вручную, при этом главные контакты устанавливаются на фибровой изоляционной прокладке.

Пневматические кулачковые переключатели, применяемые на тепловозах в качестве реверсоров, отличаются друг от друга числом главных контактов, которое определяется количеством и схемой соединения тяговых двигателей и номинальным напряжением вспомогательных контактов и катушек электропневматических вентилях (110 В на тепловозе 2ТЭ116 и 75 В на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, ТЭМ2).

Основные параметры контактов пневматических кулачковых переключателей приведены в табл. 19.

Пневматический привод 2 (рис. 65) реверсора двусторонний, он имеет две камеры, диафрагмы которых связаны зубчатой рейкой, в зацепление с которой входит шестерня вала 5. На валу 5 крепятся кулачковые элементы с двусторонним расположением контактных групп. Кулачковый контактный элемент состоит из среднего изоляционного контактодержателя с двумя подвижными пальцевыми контактами 9, имеющими один общий вывод. Непо-

Таблица 19

Параметры	Главные контакты	Вспомогательные контакты
Ток длительный, А	1000	2
Напряжение максимальное, В	900	75/110
Нажатие, Н	300±15	1,1—1,3
Раствор, мм	10	Не менее 2,5
Провал, мм	2,1	2—3

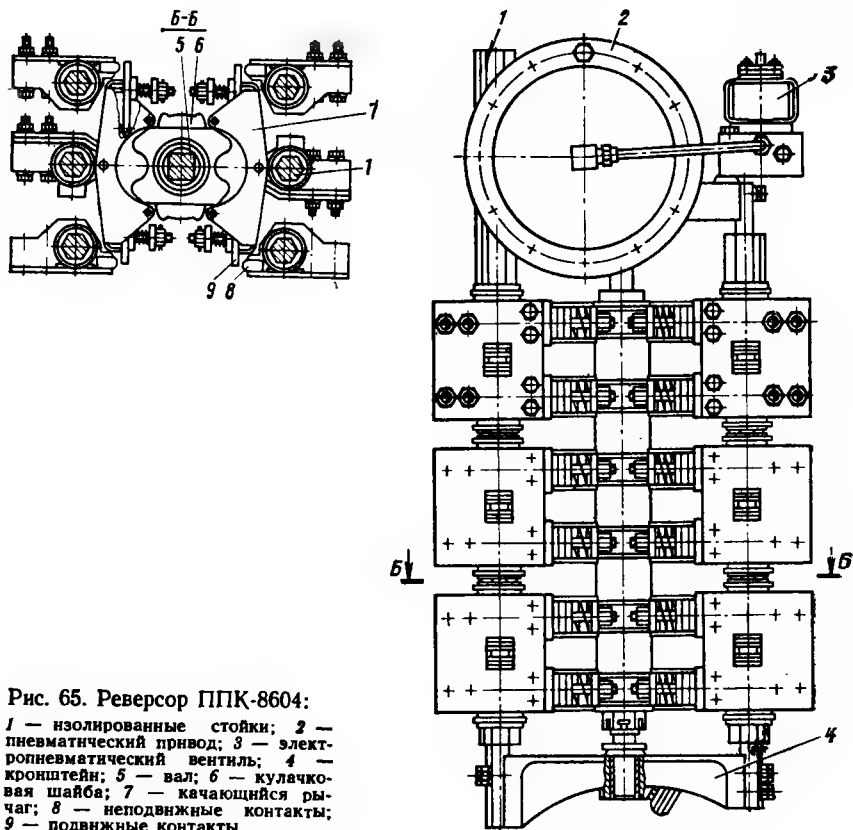


Рис. 65. Реверсор ППК-8604:

1 — изолированные стойки; 2 — пневматический привод; 3 — электропневматический вентиль; 4 — кронштейн; 5 — вал; 6 — кулачковая шайба; 7 — качающийся рычаг; 8 — неподвижные контакты; 9 — подвижные контакты

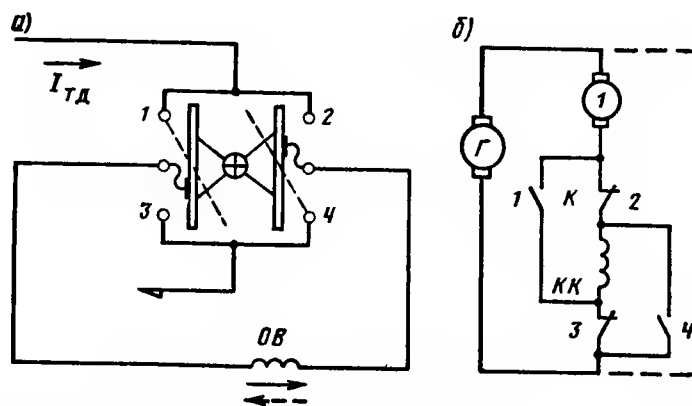


Рис. 66. Схема действия (а) и включения (б) реверсора:

$I_{ТД}$ — ток тягового двигателя; 1—4 — контакты реверсора; ОВ — обмотка возбуждения; К—КК — выводы обмотки возбуждения тягового двигателя

движные контакты 8 крепятся к изоляционным контактодержателям, которые в свою очередь закреплены на металлических стойках 1. Кулачковая шайба 6 управляет двумя элементами: верхним и нижним. При включении электропневматического вентиля воздух поступает в привод, давит на диафрагму, диафрагма прогибается и перемещает зубчатую рейку, которая через шестерню поворачивает вал на определенный угол. При вращении вала кулачковая шайба 6 давит на ролик и поворачивает рычаг 7 вокруг оси до замыкания контактов. Профиль шайбы выбран так, что после включения контакты остаются замкнутыми даже при разрыве цепи катушки включающего электропневматического вентиля. Чтобы изменить положение реверсора, необходимо подать питание на второй вентиль, предварительно сняв питание с первого. Это осуществляется с помощью реверсивной рукоятки контроллера машиниста. В этом случае воздух поступит во вторую камеру (первая будет соединена с атмосферой через выпускной клапан первого выключенного вентиля), будет давить на вторую диафрагму, диафрагма прогнется, переместит рейку в противоположном направлении (по сравнению с ранее описанным), вал повернется на определенный угол в другую сторону, при этом замкнутые контакты разомкнутся, разомкнутые замкнутся.

В нейтральное положение реверсор при работе тепловоза не устанавливается. Конструкцией привода предусмотрена постановка реверсора в нейтральное положение вручную и только на ремонте или пересылке тепловоза в нерабочем состоянии. Схема включения реверсора дана на рис. 66.

При повороте вала реверсора влево (против часовой стрелки) левый подвижной контакт замыкается с неподвижным контактом 1, а правый с неподвижным контактом 4, и ток в обмотке возбуждения ОВ будет проходить слева направо (жирная стрелка). При повороте вала реверсора вправо (по часовой стрелке) левый подвижной контакт замкнется с неподвижным контактом 3, а правый подвижной с неподвижным контактом 2, в результате ток в обмотке возбуждения ОВ изменит направление, пойдет справа налево (пунктирная стрелка).

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика реверсора.
2. Устройство и работа реверсора.
3. Схема включения реверсора на тепловозах.

5.5. КОНТРОЛЛЕРЫ МАШИНИСТА

Контроллеры машиниста служат для дистанционного управления электрической передачей тепловоза: изменения направления движения и регулирования мощности дизель-генераторной установки по позициям. По виду контроллеры делятся на контроллеры с ручным управлением и контроллеры с ручным и электропневматическим управлением. На тепловозах ТЭЗ, ТЭМ1, ТЭ1, ТЭ2,

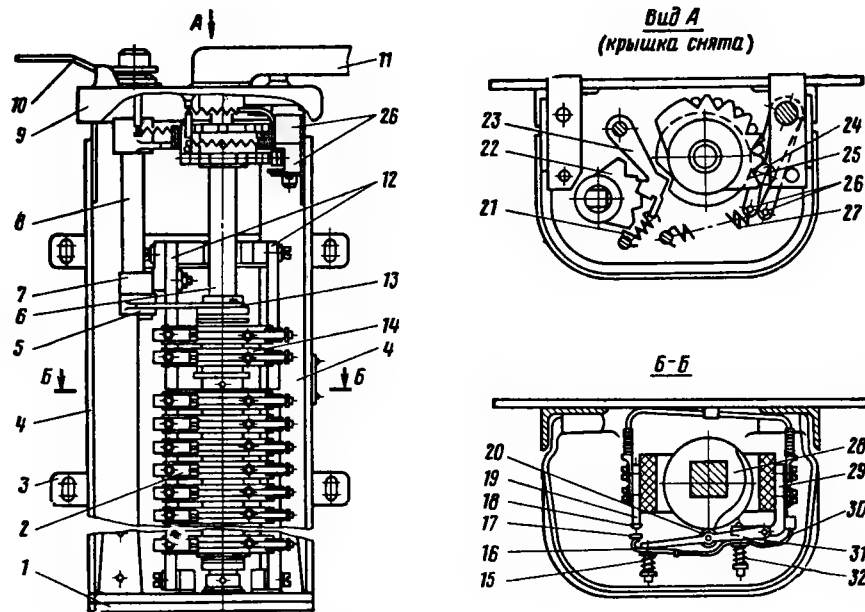


Рис. 67. Контроллер машиниста KB-0801:

1 — дно корпуса; 2 — главный барабан; 3 — корпус; 4, 29 — угольники; 5, 26, 31 — рычаги; 6 — главный вал; 7 — кронштейн; 8 — реверсивный вал; 9 — верхняя крышка; 10 — реверсивная рукоятка; 11 — главная рукоятка; 12 — изоляционный стойки; 13 — тяга; 14 — реверсивный барабан; 15, 21, 27, 32 — пружины; 16 — подвижной контакт; 17, 18 — серебряные пластины; 19 — неподвижный контакт; 20, 24 — ролики; 22, 25 — храповики; 23 — фиксатор; 28 — пластмассовая шайба; 30 — гибкое соединение

ТЭМ2, ТЭ10, 2ТЭ10Л и частично 2ТЭ10В установлены одноступенчатые контроллеры, которые отличаются друг от друга только различным числом позиций и кулачковых элементов, поэтому устройство этих контроллеров рассмотрим на примере контроллера KB-0801 (рис. 67). На тепловозе 2ТЭ116, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В установлены контроллеры, имеющие вместо главной рукоятки штурвал и контакты мостикового типа. Устройство и работу этих контроллеров рассмотрим на примере контроллера KB-1552. На тепловозах ТЭМ2, предназначенных для работы в одно лицо, устанавливаются контроллеры с ручным и электропневматическим приводами. Устройство и работу этих контроллеров рассмотрим на примере контроллера KBП-0854М.

Техническая характеристика контроллера KB-0801

Напряжение, В	75
Ток длительный, А	20
Нажатие, Н	3,5—4,5
Раствор, мм	6—8
Провал, мм	2,5—3,5
Угол поворота главного барабана, град	122
Количество шайб главного барабана	9
Количество шайб реверсивного барабана	2
Число положений главной рукоятки	9

Верхняя крышка 9 (см. рис. 67) и дно корпуса 1 контроллера жестко связаны между собой двумя угольниками 4. В корпусе 3 установлен главный вал 6, один конец которого опирается на дно 1, второй проходит через крышку 9. На верхнем конце вала насажена главная рукоятка 11. На нижней части вала, имеющей квадратное сечение, размещен главный барабан 2, состоящий из набора пластмассовых шайб с вырезами по окружности. На верхней части вала 6 свободно надет реверсивный барабан 14, состоящий из втулки и жестко насаженных на нее двух шайб.

Реверсивный барабан свободно вращается на главном валу и переводится посредством рычага 5 и тяги 13 от реверсивного вала 8. Верхний конец реверсивного вала выведен над крышкой. На него надета головка реверсивного вала, в пазы которой вставляется реверсивная рукоятка 10. Нижний конец реверсивного вала вращается в отверстии кронштейна 7, неподвижно закрепленного на корпусе контроллера. Главная рукоятка 11 имеет девять положений: холостой ход и восемь рабочих, она может поворачивать только шайбы главного барабана и служит для изменения частоты вращения вала дизеля. Угол поворота главной рукоятки из нулевого положения на 1-е равен 17°, а на последующее — 10°.

Реверсивная рукоятка 10 имеет положение «Вперед», «Назад» и нейтральное. Она предназначена для изменения направления движения тепловоза. Угол поворота реверсивной рукоятки от нейтрального положения в положение «Вперед» или «Назад» составляет 30°. С левой и правой сторон от барабанов установлены изоляционные стойки 12. На левой стойке укреплены неподвижные контакты, состоящие из стальной планки и серебряной пластины 18. Подвижные контакты правой стойки состоят из угольника 29 и шарнирно укрепленного на нем рычага 31, на конце которого укреплен контакт 16 с серебряной пластиной 17. В средней части рычага на оси установлен ролик 20. Рычаг 31 под действием пружины 32 прижимается роликом к шайбе 28 барабана 2. Отвод тока от подвижного контакта выполняется с помощью гибкого соединения 30 на контактный винт угольника 29. При повороте рукоятки ролик 20 перекачивается по профилю шайбы 28. Если ролик находится не на вырезанной части шайбы, то контакты разомкнуты и подвижной контакт 16 пружиной 15 прижат к рычагу 31. При попадании ролика в вырез шайбы рычаг 31 пружиной 32 прижимается к угольнику 29, подвижной контакт 16 соприкасается с неподвижным 19 и отжимается от рычага 31. Нажатие на контакт осуществляется притирающей пружиной 15.

Последовательность замыкания контактов главного барабана при перемещении главной рукоятки зависит от расположения вырезов на шайбах, которые определяются схемой тепловоза. Контакты одной шайбы реверсивного барабана замыкаются только в положении «Вперед», второй — только в положении «Назад». Фиксация главного барабана на каждом положении осуществляется посредством храповика 25 главного вала 6, во впадины которого заходят стальные ролики 24, укрепленные на двух рычагах 26, поворачива-

ющихся на неподвижной оси. Рычаги 26 при помощи пружин 27 прижимают ролики 24 во впадины храповика 25.

Фиксация реверсивного барабана выполняется храповиком 22, укрепленным на реверсивном валу 8, и фиксатором 23, прижимаемым пружиной 21. На каждом из трех положений реверсивной рукоятки зуб фиксатора 23 входит во впадину храповика 22. В нейтральном положении реверсивной рукоятки зуб фиксатора входит в среднюю впадину храповика, имеющую меньшую глубину, вследствие чего выступ фиксатора 23 при нулевом положении главного барабана входит в вырез храповика 25, и передвижение главной рукоятки оказывается невозможным.

На положениях реверсивной рукоятки «Вперед» или «Назад» зуб фиксатора 23 попадает в одну из крайних более глубоких впадин храповика 22, выходит из выреза в храповике 25 и не препятствует повороту главного барабана 2. После перевода главной рукоятки из нулевого положения в одно из рабочих вырез храповика 25 смещается и фиксатор 23 не может выйти из впадины храповика 22, так как выступ фиксатора упирается в цилиндрическую поверхность храповика 25. В этом случае поворот реверсивной рукоятки невозможен. Таким образом, осуществляется механическая блокировка, не позволяющая повернуть главную рукоятку при нейтральном положении реверсивной и реверсивную рукоятку при всех положениях главной рукоятки, кроме нулевой. Кроме того, на крышке контроллера предусмотрены специальные выступы, позволяющие вынуть реверсивную рукоятку только на нейтральном положении и не позволяющие снять реверсивную рукоятку в положении «Вперед» или «Назад».

Контроллер машиниста КВ-1552 (рис. 68) является новым типом контроллера, который имеет ряд конструктивных отличий от контроллеров КВ-16А-12, КВ-1509, КВ-0801, КВ-1501. Основным отличием являются: контактная система мостикового типа, управление главным барабаном осуществляется штурвалом, поэтому отсутствует зубчатая передача. Корпус контроллера 3 состоит из сварного каркаса (см. рис. 68) и крышки. В корпусе установлен главный вал 6, верхний конец которого проходит через крышку и на нем укреплен гайкой штурвал 2. Под ступицей штурвала установлен диск с таблицей указания позиций. На нижней части главного вала, имеющего квадратное сечение, жестко установлен набор пластмассовых шайб контроллера. На средней части вала свободно надет реверсивный барабан 4. Поворот главного вала посредством штурвала предусмотрен на 16 позиций: одну нулевую позицию, соответствующую работе дизеля на холостом ходу, и 15 позиций движения тепловоза. Позиции главного и реверсивного барабана фиксируются так же, как и у контроллера КВ-0801, храповиками. Фиксация храповика происходит на каждой позиции штурвала или реверсивной рукоятки рычагом 10, фиксатором 9 и пружинами 8, 11. Механическая блокировка исключает перемещение реверсивной рукоятки на ходовых позициях штурвала главного барабана и перемещение штурвала на нулевом положении ре-

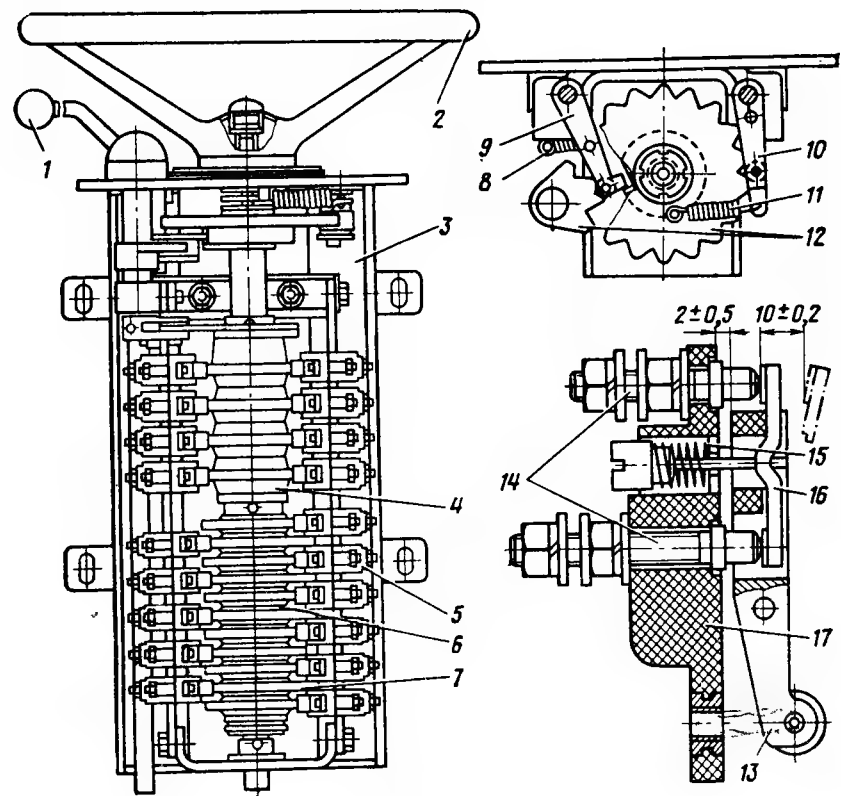


Рис. 68. Контроллер машиниста КВ-1552:

1 — реверсивная рукоятка; 2 — штурвал; 3 — корпус; 4 — реверсивный барабан; 5 — кулачковые шайбы; 6 — главный вал с шайбами; 7 — контактные элементы; 8, 11 — пружины; 9 — фиксатор; 10 — рычаг; 12 — храповик; 13 — рычаг контактного элемента; 14 — контактные болты; 15 — пружина; 16 — подвижные контакты; 17 — пластмассовый изолятор

версивной рукоятки. Это обеспечивается фиксатором 9, расположенным между храповиками главного и реверсивного барабанов.

Реверсивная рукоятка съемная, снять ее можно только при нулевом положении штурвала. При снятой реверсивной рукоятке невозможно перемещение штурвала контроллера, а следовательно, невозможно приведение тепловоза в движение. Таким образом, реверсивная рукоятка является ключом к системе управления.

С левой и правой стороны от главного вала контроллера на рейках закреплены кулачковые элементы, состоящие из пластмассового изолятора 17, рычага 13, контактных болтов 14, подвижного контакта 16, держателя и пружины 15, обеспечивающих начальное и конечное контактные нажатия. В рычаге имеется ролик, который прижимается к поверхности кулачковой шайбы. При повороте реверсивного или главного барабана ролик перекачивается по про-

филю шайбы, имеющей вырезы в соответствии с требуемой очередностью замыкания или размыкания электрической цепи по позициям штурвала или положениям реверсивной рукоятки. Если ролик находится на невырезанном участке шайбы, то неподвижные контакты отведены держателем от неподвижных. При попадании ролика в вырез шайбы рычаг под действием пружины 15 поворачивается вокруг оси, и подвижной контакт приходит в соприкосновение с неподвижным.

Техническая характеристика контроллера КВ-1552

Напряжение, В	110
Ток длительный, А	20
Разрыв, мм	8
Провал, мм	2
Нажатие, Н	4-6
Число положений штурвала	16
Число шайб главного барабана	11
Число шайб реверсивного барабана	8

Контроллер машиниста КВП-0854М (рис. 69), кроме ручного привода, оборудован электропневматическим приводом, позволяющим дистанционно им управлять. Контактная система контроллера КВП-0854М и система фиксации главного и реверсивного барабанов одинакова с аналогичными системами контроллера КВ-1552, поэтому рассмотрим устройство и работу дистанционно управляемого пневматического привода. Привод контроллера состоит из трех цилиндров управления главным барабаном (цилиндр увеличения позиций, цилиндр уменьшения позиций, цилиндр сброса с любой позиции на нулевую) и цилиндра переключения реверсивного барабана.

Привод увеличения или уменьшения позиций (рис. 70) состоит из цилиндра 3, возвратной пружины 5, штока 4, на котором укреплены серва 12 и толкатель 7 с пружиной 6. При подаче воздуха в цилиндр поршень, перемещаясь, толкает шток. Установленный на штоке толкатель входит в зацепление с зубом храпового колеса главного вала и, перемещая его, переводит главный барабан контроллера на одну позицию.

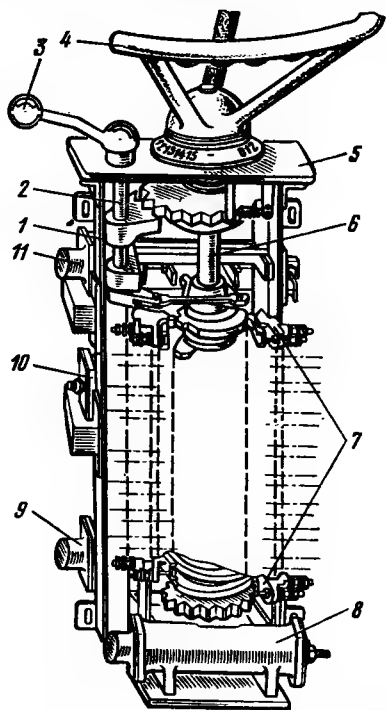


Рис. 69. Контроллер машиниста КВП-0854М:

1 — корпус; 2 — вал реверсивного барабана; 3 — реверсивная рукоятка; 4 — штурвал; 5 — крышка; 6 — главный вал; 7 — фиксаторы; 8-11 — цилиндры

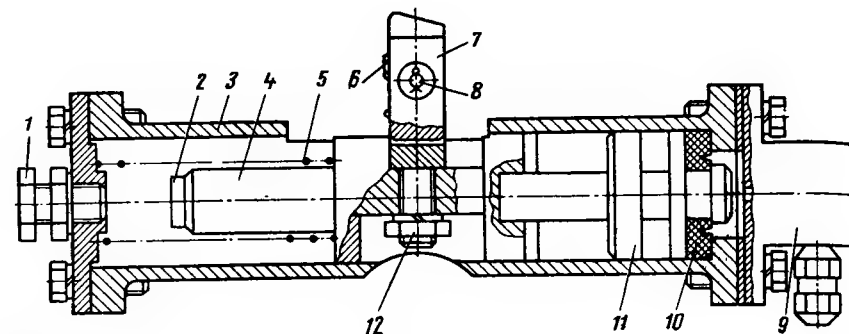


Рис. 70. Привод увеличения или уменьшения позиций:

1 — упор; 2 — амортизатор; 3 — цилиндр; 4 — шток; 5, 6 — пружины; 7 — толкатель; 8 — ось; 9 — крышка; 10 — манжета; 11 — поршень; 12 — серва

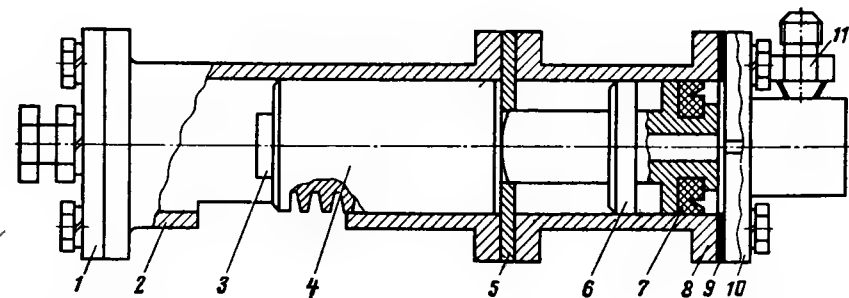


Рис. 71. Привод сброса позиций:

1, 10 — крышки; 2, 8 — цилиндры; 3 — втулка; 4 — рейка зубчатая; 5, 9 — прокладки; 6 — шток; 7 — манжета; 11 — штуцер

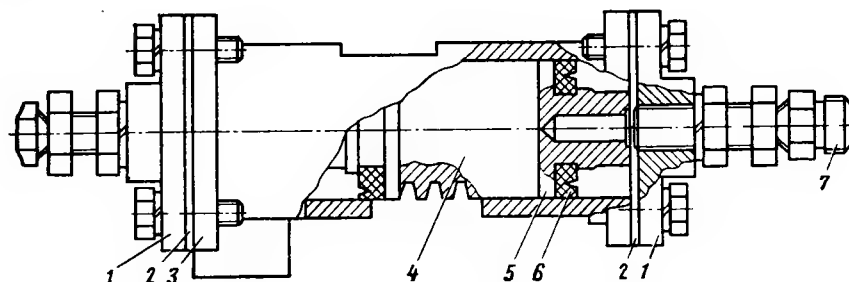


Рис. 72. Привод переключения реверсивного вала:

1 — крышка; 2 — прокладка; 3 — цилиндр; 4 — рейка зубчатая; 5 — шток; 6 — манжета; 7 — штуцер

При этом шток 4 доходит до упора 1. Упором служит болт, для смягчения удара предусмотрен амортизатор 2. После прекращения подачи воздуха возвратная пружина 5 возвращает шток и поршень в исходное положение. Толкатель, проходя под зубом храпового колеса, поворачивается вокруг оси 8 и возвращается в исходное положение под действием пружины 6.

Привод сброса с любого положения на нулевое (рис. 71) состоит из двух цилиндров 2, 8, зубчатой рейки 4, штока 6, манжеты 7 и крышек 1, 10. Зубчатая рейка 4 постоянно находится в зацеплении с шестерней вала, связанного с главным барабаном контроллера. Шток и зубчатая рейка выполнены раздельно, поэтому усилие трения манжеты не передается на главный вал и не влияет на усилие переключения. В нулевом положении контроллера рейка находится в крайнем левом положении. По мере набора позиций шестерня перемещает ее вправо к штоку. При необходимости быстрого сброса позиций сжатый воздух перемещает шток, а тот в свою очередь — зубчатую рейку до упора, возвращая тем самым контроллер в нулевое положение.

Принцип работы привода переключения реверсивного барабана (рис. 72) тот же, что и привода быстрого сброса позиций с той разницей, что подача воздуха производится с двух сторон цилиндра и переключение реверсивного вала — из положения «Вперед» или «Назад» в противоположное без фиксации в нулевом положении.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика контроллера машиниста.
2. Назначение и устройство основных сборочных единиц контроллера машиниста.
3. Назначение и устройство электропневматического привода контроллера машиниста КВП-0854М.

5.6. РЕЛЕ

Реле выполняют на тепловозах самые различные функции в цепях управления, защиты, измерительных и т. д. Их можно разделить на реле токовые, напряжения, тепловые и т. д. по назначению: управления, защиты, автоматики, реле-датчики, реле-регуляторы, специальные.

Реле управления. У применяемых в цепях управления тепловозов реле серии Р-45М (рис. 73, а) все элементы, кроме панелей и катушек, взаимозаменяемы. Реле состоит из магнитной системы клапанного типа, контактов пальцевого 7 и мостикового 8, установленных на панели 1. К магнитной системе реле относится ярмо 2, сердечник с катушкой 3 и подвижной якорь 4.

На базе реле Р-45 изготовляется реле заземления Р-45-Г2, которое отличается от других типов реле данной серии тем, что имеет токовую катушку вместо катушки напряжения и механическую за-

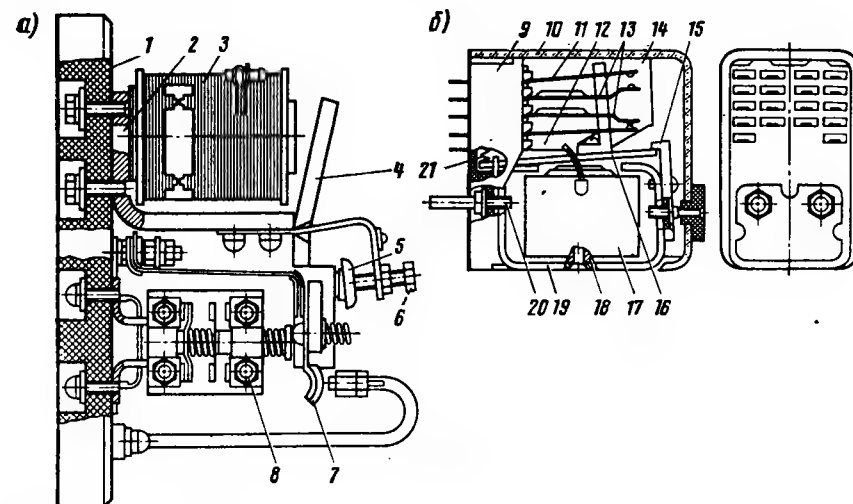


Рис. 73. Реле управления:

а — типа Р-45М; б — типа ТРПУ-1; 1 — панель; 2 — ярмо; 3 — катушка; 4 — якорь; 5 — пружина; 6 — болт регулировочный; 7 — пальцевый контакт; 8 — мостиковый контакт; 9 — пластмассовый корпус; 10 — кожух; 11 — подвижная пластина замыкающего контакта; 12 — подвижная пластина размыкающего контакта; 13 — неподвижные пластины контактов; 14 — траверса; 15 — угольник; 16 — якорь; 17 — катушка; 18 — сердечник; 19 — скоба; 20 — винт; 21 — пружина

шелку, удерживающую якорь во включенном состоянии. Ток срабатывания реле заземления регулируется величиной затяжки пружины 5.

Техническая характеристика реле серии Р-45 приведена в табл. 20, 21.

Реле управления ТРПУ-1 (рис. 73, б) изготовлено на базе универсальной серии реле РПУ-1. Оно состоит из скобы (магнитопровода) 19, катушки 17 с сердечником 18, якоря 16, замыкающих и размыкающих контактов. При прохождении тока по катушке якорь притягивается к сердечнику и через траверсу 14 происходит замыкание или размыкание контактов. После снятия напряжения пружина 21 устанавливает якорь в исходное положение, при этом замыкающие контакты размыкаются. Ход якоря ограничивается

Таблица 20

Параметры	Контакт	
	пальцевый	мостиковый
Раствор, мм	7,5 ^{+0,5}	2,5
Провал, мм	3±0,5	2,0
Контактное нажатие, Н	2,7—3,3	1,1—1,5
Номинальный ток, А	10	2

Таблица 21

Реле	Номинальное напряжение, В	Марка провода	Диаметр провода (по меди), мм	Число витков	Сопротивление при температуре 20°C, Ом
P-45H	24	ПТЭВ	0,53	2050	18,3
P-45M	75	ПТТВ	0,29	6100	171
P-45Л	110	ПЭТВ	0,25	9400	360
P-45Г2	—	ПБД	1,95	150	0,106

угольником 15. Техническая характеристика реле ТРПУ-1 приведена в табл. 22, 23.

Дифференциальное реле РД-3010 (рис. 74) автоматически управляет контакторами ослабления возбуждения тяговых электродвигателей в зависимости от тока и напряжения на зажимах тягового генератора или выпрямительной установки. Магнитная система реле состоит из ярма 2, выполненного в виде скобы, сердечников 4, 7 и якоря 5, поворачивающегося вокруг оси 9, установленной на стойке 19. Якорь при обесточенных катушках пружины 23 прижимается к упорному винту контактодержателя 21. На нижней полке ярма установлена катушка напряжения 3, на верхней — токовая 8. На токовую катушку подается сигнал, пропорциональный току тягового генератора, а на катушку напряжения — сигнал, пропорциональный напряжению тягового генератора. Реле имеет один замыкающий контакт с двойным разрывом, подвижные контакты 15 установлены на якоре, неподвижные 14 — на изоляционной колодке 13. Контактная система закрыта прозрачным кожухом 12. Реле срабатывает под воздействием электромагнитного усилия, создаваемого катушкой напряжения, которому противодействует усилие токовой катушки и пружины. Соответственно при уменьшении тока в катушке напряжения и увеличении тока в токовой катушке до определенных значений якорь 5 отпадает, и контакты размыкаются.

Реле ограничения тока устанавливается на маневровых тепловозах ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ1 и служит для ограничения тока тягового генератора. На изоляционной панели 7 (рис. 75) установлено электромагнитное реле с высоким коэффициентом возврата и резистор

Таблица 22

Реле	Номинальное напряжение контактов, В	Длительный допустимый ток контактов, А	Количество контактов		Номинальное напряжение цепи управления, В
			замыкающих	размыкающих	
ТРПУ-1-412	220	6	6	2	24, 75, 110
ТРПУ-1-413	220	6	4	4	24, 75, 110

Таблица 23

Реле	Номинальное напряжение, В	Число витков	Сопротивление при температуре 20°C, Ом	Диаметр неизолированного провода, мм	Марка провода
ТРПУ-1	24 75 110	3250 10000 14600	107 1050 2250	0,23 0,13 0,11	ПЭТВЛ1 ПЭТВЛ1 ПЭТВЛ1

18 с двумя ступенями. Реле имеет две катушки: напряжения 4 и токовую 5, надетые на сердечник. Катушка напряжения крепится непосредственно к панели. Токовая катушка выполнена в виде одного витка из медной шины, концы которого припаяны к массивным медным выводам 1, укрепленным на изоляционной планке 2.

Подвижная система реле состоит из облегченного рычага 13 с немагнитной планкой 14 и плунжерного якоря. Реле имеет жесткий двусторонний подвижной контакт. Для облегчения работы контактов применен дугогасительный контур, состоящий из резистора и двух конденсаторов. При наибольшем токе тягового генератора ток в токовой катушке наибольший, и ее усилие, преодолевая усилие пружины 15, поворачивает рычаг вокруг неподвижной оси, размыкая контакты. В зависимости от соотношения токов в катушках реле подвижной контакт занимает одно из пяти возможных положений.

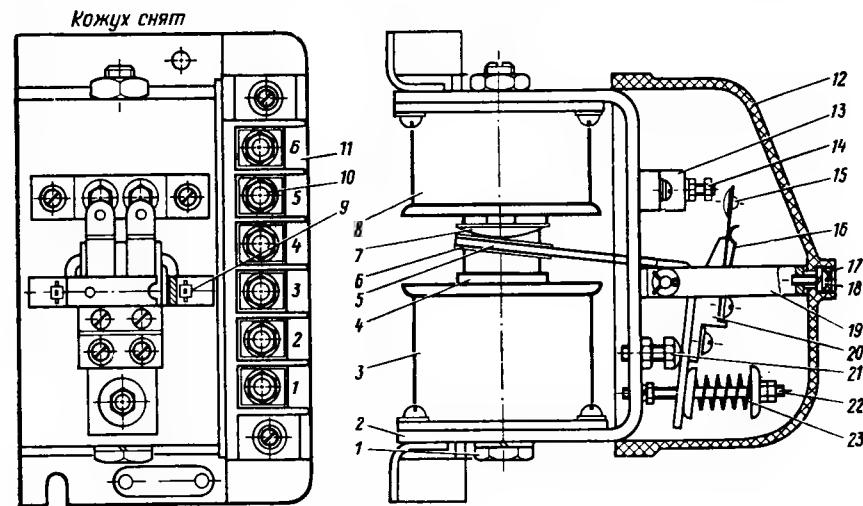


Рис. 74. Дифференциальное реле РД-3010:

1 — болт; 2 — ярмо; 3 — катушка напряжения; 4, 7 — сердечники; 5 — якорь; 6 — немагнитная напайка; 8 — катушка токовая; 9 — ось; 10 — контактный зажим; 11 — изоляционная панель; 12 — кожух; 13 — изоляционная колодка; 14 — неподвижные контакты; 15 — подвижные контакты; 16 — контактная пружина; 17 — заполнитель; 18 — винт; 19, 20 — стойки; 21 — контактодержатель; 22 — шпилька; 23 — пружина

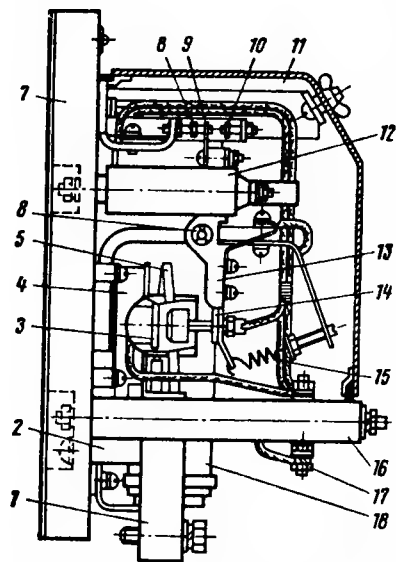


Рис. 75. Реле ограничения тока ПР-27А3:

1 — выводы токовой катушки; 2 — изоляционная планка; 3 — сердечник; 4 — катушка напряжения; 5 — токовая катушка; 6 — ось; 7 — панель; 8, 10 — неподвижные контакты; 9 — подвижной контакт; 11 — кожух; 12 — конденсатор; 13 — рычаг; 14 — немагнитная планка; 15 — пружина; 16 — изоляционная колодка; 17 — контактные зажимы; 18 — резистор

ний, чем регулируется ток возбуждения. Подробно описание работы реле дано при разборе системы возбуждения тягового генератора тепловоза ТЭМ2.

Реле боксования. Реле боксования предназначены автоматически защищать тяговые электродвигатели тепловоза от разносного боксования. В качестве реле боксования принимают реле типа РК, характеристики которых представлены в табл. 24.

На тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 реле боксования объединены в один блок, который получил название **блок боксования**. Блок боксования ББ-320А (рис. 76) состоит из реле РК-221 и реле РК-231, соединенных вместе шпильками, пропущенными через панель 3, и закрытых кожухом, который после настройки реле и проверки их работы пломбируется. Реле РК-221 представляет собой электромагнитный аппарат плунжерного типа, выполненный с разомкнутой магнитной системой.

Втягивающий якорь (плунжер) 9 укреплен на поворотном рычаге 6 из немагнитного материала. Контактная система реле имеет один размыкающий и один замыкающий контакты перекидного типа. Высокая чувствительность реле, необходимая для срабатывания в начале боксования, достигается путем облегчения массы, уменьшения трения, тщательной балансировки подвижной системы, а также уменьшения усилия возвратной пружины. Своевременное

Таблица 24

Реле	Ток срабатывания не более, А	Напряжение срабатывания, В	Коэффициент возврата не менее	Раствор не менее, мм	Провал не менее, мм
РК-211	0,05	—	0,85	1,5	1
РК-221	—	2,65	0,8	1,5	1
РК-231	—	1,2	0,8	1,5	1
РК-241	—	8,0	0,8	1,5	1

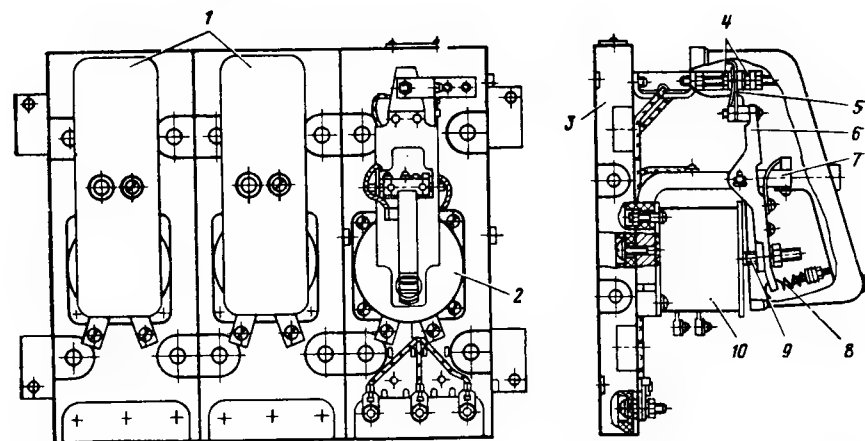


Рис. 76. Блок боксования ББ-320А:

1 — реле РК-221; 2 — реле РК-231; 3 — панель; 4 — неподвижный контакт; 5 — замыкающий контакт; 6 — рычаг; 7 — ярмо; 8 — регулировочная пружина; 9 — якорь; 10 — втягивающая катушка

отпадание якоря реле после прекращения боксования для исключения большого снижения силы тяги тепловоза обеспечивается высоким коэффициентом возврата (отношением тока отключения к току включения). Коэффициент возврата, равный 0,8—0,85, получен в результате выполнения реле с небольшим воздушным зазором между ярмом и сердечником относительно общего воздушного пути прохождения магнитного потока, благодаря чему при срабатывании реле не происходит существенного увеличения магнитного потока и, следовательно, усилия притяжения якоря. В результате этого для отпадания якоря реле достаточно небольшого уменьшения тока в его катушке.

В блоке боксования одно реле включается между зажимами ЯЯ первого и второго тяговых двигателей, второе — между зажимами ЯЯ третьего и четвертого, третье между зажимами ЯЯ пятого и шестого тяговых электродвигателей. При нормальной работе, т. е. когда двигатели не боксуют, разность потенциалов между точками подсоединения реле близка к нулю и по катушке реле практически ток не проходит. При боксовании одной из колесных пар, например первой, частота вращения якоря электродвигателя, соединенного с этой осью, быстро возрастает и вызывает увеличение противо-э. д. с. на зажимах этого электродвигателя. Потенциал точки ЯЯ первого электродвигателя уменьшится, и по катушке РБ1 потечет ток от точки ЯЯ второго электродвигателя к точке ЯЯ первого. Если боксует вторая колесная пара, то ток через катушку РБ1 потечет в обратную сторону, т. е. от зажима ЯЯ первого электродвигателя к зажиму ЯЯ второго. При срабатывании реле РБ своими контактами разрывает цепь питания катушки контактора ВВ или подает сигнал на уменьшение возбуждения тягового генератора.

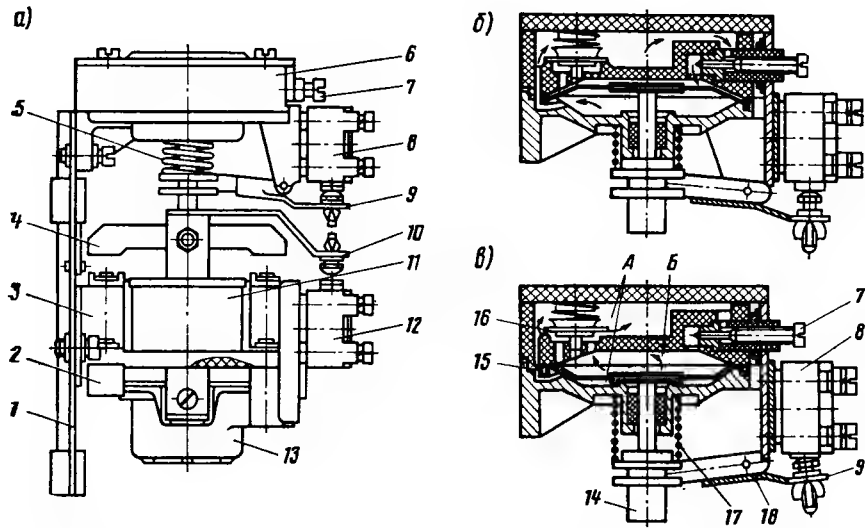


Рис. 77. Электропневматическое реле времени РВП (а), схемы пневматической приставки при включении (б) и выключении (в):

1 — основание; 2 — электромагнитный привод; 3 — ярмо электромагнита; 4 — якорь электромагнита; 5, 17 — пружины; 6 — пневматическая приставка; 7 — регулировочный винт; 8, 12 — микровыключатели; 9, 10 — рычаги; 11 — катушка электромагнита; 13 — возвратная пружина; 14 — шток; 15 — диафрагма; 16 — клапан; 18 — ось

Реле времени. В электрических цепях тепловозов применяются пневматические, электромагнитные и полупроводниковые реле времени. В качестве пневматических реле времени применяются реле типа РВП (рис. 77), они используются для управления работой маслопрокачивающего насоса дизеля, для ограничения времени прокрутки вала дизеля при пуске, а также для управления переходом на ослабление возбуждения тяговых электродвигателей.

Техническая характеристика реле времени РВП

Контакты:	1 з.
с выдержкой времени	1 р.
без выдержки времени	То же
Ток продолжительный контактов, А	4
Выдержка времени, с	0,4—90

Принцип действия реле основан на получении выдержки времени за счет замедленного поступления воздуха через регулировочное отверстие из одной воздушной полости в другую. При подаче напряжения на катушку 11 (см. рис. 77) якорь 4, преодолевая усилие возвратной пружины 13, притягивается к ярму 3 магнитной системы. Рычаг 10, нажимая на штифт микровыключателя 12, переключает его контакты мгновенного действия. Одновременно якорь освобождает шток 14, и он под действием собственной массы и пружины 17 начинает опускаться вниз вместе с жестко связанной с ним диафрагмой 15. Движению подвижной системы препятствует возникающее в полости Б разрежение. Разрежение в полости Б компенсируется поступлением воздуха из полости А через регулируемое отверстие. За счет изменения открытия входного отверстия регулировочным винтом 7 изменяется скорость поступления воздуха из полости А в полость Б, т. е. время выдержки реле времени. Через определенное время после подачи напряжения на катушку диафрагма вместе со штоком опускается вниз на такую величину, что рычаг 9 нажмет на штифт микровыключателя 8, переключая его контакты.

Реле	Напряжение катушки, В	Длительный ток контактов, А	Выдержка времени, с
РЭВ-812	110	10	3—5
РЭВ-814	100	10	0,8—2,5

Когда напряжение с катушки будет снято, якорь 4 под действием возвратной пружины 13 занимает верхнее положение, отжимая шток и диафрагму в крайнее верхнее положение, при этом воздух из полости Б в полость А свободно выходит через клапан 16.

Для задержки отключения поездных контактов после снятия возбуждения возбудителя и тягового генератора, для ступенчатого восстановления нагрузки тягового генератора после прекращения боксования, для обеспечения последовательности срабатывания реле переходов применяют электромагнитные реле времени типа РЭВ-800. Данные реле приведены в табл. 25.

Выдержка времени создается за счет наведения э. д. с. самоиндукции в алюминиевых демпфере и основании. Выключение катушки приводит к появлению вихревых потоков в них и задерживает спадание магнитного потока в магнитопроводе. Это приводит к задержке отпадания якоря. Все узлы реле (рис. 78) смонтированы на алюминиевом основании 21, имеющем два отверстия для крепления к корпусу аппаратной камеры. Неподвижная часть магнитопровода состоит из сердечника 1 и скобы 6. На сердечник надета катушка 22, на скобу — демпфер 19, выполненный в виде гильзы. На скобе укреплены угольник 18 и пластина 7, образуя опору якоря 5, вокруг которой осуществляется его вращение. На якоре укреплен планка 9, несущая изоляционную пластмассовую колодку 10 с подвижными контактами 11. Пластины неподвижных контактов 13 закреплены шпильками 12 на изоляционной пластмассовой колодке 14, которая укреплена на основании 21 планкой 15.

Возврат якоря 5 в отключенное состояние осуществляется пружиной 16, опирающейся на угольник 18. Регулировку выдержки времени производят изменением толщины немагнитной прокладки 2 (грубая) и затяжкой отжимной пружины 3 (плавная) при помо-

щи гайки 4. Контактный узел реле позволяет путем переборки деталей получить любую комбинацию контактов в пределах существующего количества.

Полупроводниковое реле времени типа ВЛ-31 (рис. 79) применяется для управления контактором маслопрокачивающего насоса. Реле имеет один переключающий контакт без выдержки времени, один замыкающий и один размыкающий контакт с выдержкой времени. Конструкция реле обеспечивает визуальный отсчет выдержки времени без снятия оболочки. Выдержка времени отсчитывается с момента подачи напряжения питания. При подаче напряжения на выводы 1 и 2 срабатывает реле P1. Триггер Т устанавливается в положение, при котором реле P2 обесточено. Конденсатор С заряжается через резистор R, начинается отсчет времени.

Когда напряжение на конденсаторе достигает уровня опорного напряжения, снимаемого с делителя на резисторах R1 и R2, открывается диод Д, импульсы генератора ГИ проходят на вход триггера Т и устанавливают его в положение, при котором подается напряжение на реле P2. Реле P2 срабатывает и переключает выходные контакты. Выдержка времени заканчивается. При снятии напряжения питания реле возвращается в исходное состояние. Выдержка времени регулируется ступенчато путем изменения сопротивления резистора R, который выполнен в виде набора резисторов.

Реле давления масла РДК-3 (рис. 80). Служит для защиты дизеля от пониженного давления масла в системе смазки и охлажде-

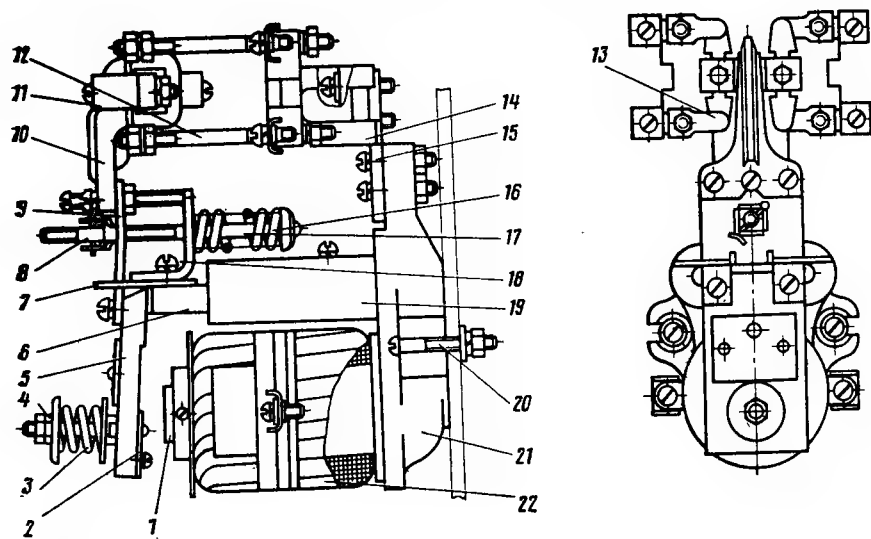


Рис. 78. Реле времени РЭВ-800:

1 — сердечник; 2 — немагнитная прокладка; 3 — отжимная пружина; 4, 8 — гайки; 5 — якорь; 6 — скоба; 7 — пластина; 9, 15 — планки; 10, 14 — изоляционные колодки; 11 — узел подвижного контакта; 12, 17 — шпилька; 13 — пластины неподвижных контактов; 16 — возвратная пружина; 18 — угольник; 19 — демпфер; 20 — болт; 21 — алюминиевое основание; 22 — катушка

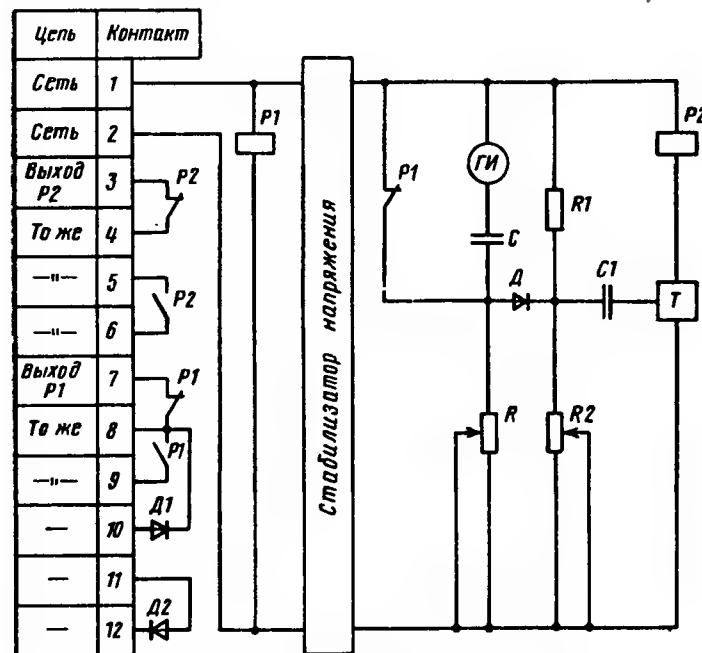


Рис. 79. Полупроводниковое реле времени ВЛ-31:

P1, P2 — реле; C, C1 — конденсаторы; Д, Д1, Д2 — диоды; ГИ — генератор импульсов; Т — триггер; R, R1, R2 — резисторы

ния. Реле состоит из корпуса, в нижней части которого расположен сильфон 1. Шток 2 сильфона упирается в рычаг 3, один конец которого упирается в кнопку микропереключателя 8, а ко второму крепится пружина 4. Второй конец пружины 4 закреплен на пробке 5, в которую ввернут регулировочный винт 6. При повышении давления масла выше установленного по шкале значения сильфон сжимается, шток 2 давит на рычаг 3, который, преодолевая усилие пружины 4, поворачивается против часовой стрелки. При этом рычаг освобождает кнопку микропереключателя 8, и его контакты замкнутся. При понижении давления шток сильфона опустится вниз, и рычаг 3 под действием пружины 4 повернется по часовой стрелке, при этом нажмется кнопка микропереключателя, контакты которого разомкнутся. Реле настраивают путем изменения затяжки пружины 4, вращением

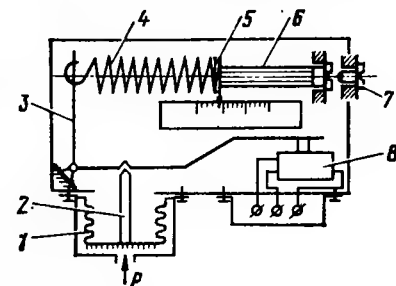


Рис. 80. Кинематическая схема реле давления масла РДК-3:

1 — сильфон; 2 — шток; 3 — рычаг; 4 — пружина; 5, 7 — пробки; 6 — винт ходовой; 8 — микропереключатель

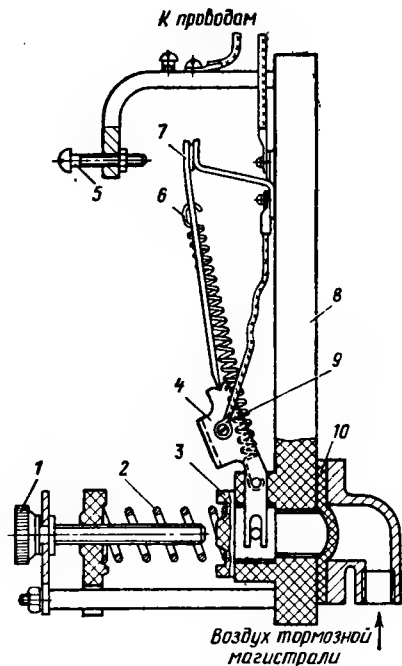


Рис. 81

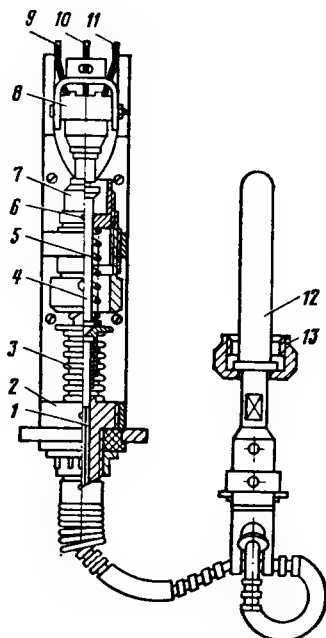


Рис. 82

Рис. 81. Реле давления воздуха АК-11Б:

1 — регулировочный винт; 2 — регулировочная пружина; 3 — шток; 4 — рычаг; 5 — винт-контакт; 6 — пружина; 7 — подвижный контакт; 8 — панель; 9 — ось рычага; 10 — мембрана

Рис. 82. Температурное реле РКД2:

1 — капиллярная трубка; 2 — корпус реле; 3 — сифон; 4 — толкатель; 5 — пружина; 6 — стопорный винт; 7 — штуцер; 8 — микровыключатель; 9, 10, 11 — выводы; 12 — термобаллон; 13 — накидная гайка

ходового винта 6. После настройки ходовой винт 6 стопорится пробкой 7. Диапазон настройки реле на срабатывание 0—0,25 МПа.

Реле давления воздуха АК-11Б (рис. 81) предназначено для автоматического управления пуском компрессора в зависимости от давления сжатого воздуха в тормозной магистрали. Реле давления воздуха исключает возможность включения нагрузки при недостаточном давлении воздуха в тормозной магистрали. Под действием давления мембрана 10, изготовленная из листовой морозостойкой резины, прогибается и давит на шток 3, который, преодолевая усилие сжатой пружины 2, перемещает рычаг 4. Поворачиваясь вокруг оси, рычаг 4 и пружина 6 перебрасывают планку с подвижным контактом 7 от неподвижного контакта на винт-контакт 5, т. е. произойдет размыкание контактов. При снижении давления воздуха в тормозной магистрали усилием пружи-

ны шток возвращается в исходное положение, вновь замыкая контакты. Давление замыкания регулируется винтом 1, а давление размыкания — винтом 5, при этом раствор контактов должен быть в пределах 6—12 мм. Перепад давления, т. е. разница давления размыкания и замыкания, составляет 0,15—0,18 МПа.

Комбинированное температурное реле РКД2 предназначено для защиты дизеля от превышения температуры выше допустимой в водяной и масляной системах охлаждения дизеля. Реле изотоплено на базе двух универсальных чувствительных элементов температуры, которые вмонтированы в корпус (рис. 82).

Термобаллон 12, сифон 3 и капиллярная трубка 1 представляют собой герметически замкнутую термосистему, заполненную жидкостью с большим коэффициентом объемного расширения. При повышении температуры в системе охлаждения увеличивается давление в термосистеме и сифон 3, растягиваясь и преодолевая сопротивление пружины 5, перемещает толкатель 4, который нажимает на кнопку микровыключателя 8, переключая его контакты.

При снижении температуры в системе охлаждения сифон под действием пружин сжимается, и толкатель отходит от кнопки микровыключателя, производя обратное переключение контактов.

Реле уровня воды ДРУ-1 (рис. 83) служит для контроля нижнего уровня воды в расширительном баке системы охлаждения дизеля. Принцип работы реле основан на изменении положения поплавка 2 под воздействием выталкивающей силы воды в расширительном баке. При снижении уровня воды поплавков 2 опускается, и рычаг 16 освобождает кнопку микровыключателя 11. Контакты микровыключателя переключаются и замыкают цепь сигнальной лампы, установленной на пульте управления машиниста. При повышении уровня воды поплавков поднимется, и рычаг 16 нажмет на кнопку микровыключателя 11, контакты микровыключателя разомкнутся и разорвут цепь сигнальной лампы. Уровень срабатывания реле регулируют болтом 13, ввернутым в рычаг поплавка. Для настройки необходимо опустить поплавок вниз так, чтобы рычаг 16 уперся в верхний срез кронштейна 15, затем, вворачивая болт 13, добиться переключения контактов микропереключателя, после чего довернуть болт еще на $1/3$ оборота и в этом положении болт зафиксировать контргайкой.

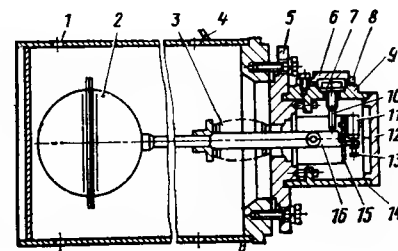


Рис. 83. Реле уровня воды ДРУ-1:

1 — ограждение; 2 — поплавок; 3 — сифон; 4 — водяной бак; 5, 8 — фланцы; 6 — крышка; 7 — кольцо пружинное; 9 — корпус; 10 — стопорный винт; 11 — микровыключатель; 12 — крышка; 13 — регулировочный болт; 14 — уплотнение; 15 — кронштейн; 16 — рычаг

Контрольные вопросы

1. Назначение, техническая характеристика и устройство реле Р45 и ТРПУ-1.
2. Назначение, техническая характеристика и устройство реле времени РВП-2121, РЭВ-800 и ВП-31.
3. Назначение, техническая характеристика и устройство дифференциального реле РД-3010 и РП-27А3.
4. Назначение, техническая характеристика и устройство реле давления РДК-3 и АК-11Б.
5. Назначение, техническая характеристика и устройство реле КРД-2.

5.7. ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ВЕНТИЛИ

Электропневматические вентили служат для дистанционного управления пневматическими приводами жалюзи, муфты включения вентилятора холодильника, автосцепки, песочниц, реверсора, групповых контакторов ослабления возбуждения тяговых электродвигателей, поездных контакторов, ускорителя пуска дизеля и отключателя ряда топливных насосов.

Техническая характеристика электропневматических вентилях представлена в табл. 26.

Вентили всех типов являются включающими, т. е. при обесточенной катушке проход воздуха через вентиль закрыт, а при включенном вентиле — открыт. Электропневматический вентиль состоит из двух основных узлов: электромагнитного механизма и клапанной системы. На вентилях ВВ-1 и ВВ-3 электромагнитный механизм клапанного типа, а на вентиле ВВ-32 (рис. 84) плунжерного типа с цилиндрическим якорем. К электромагнитному механизму относятся скоба, катушка 4, сердечник 5 и якорь 3. Катушки вен-

Таблица 26

Технические данные	Тип вентиля		
	ВВ-1	ВВ-3	ВВ-32
Номинальное давление, МПа	0,5	0,5	0,5
Максимальное давление, МПа	0,675	0,675	0,675
Воздушный зазор при возбужденной катушке, мм	1,3±0,1	1,3±0,1	0,8±0,1
Сечение воздушного канала, мм:			
впускного (нижнего)	8	8	8
выпускного (верхнего)	9	19	14
Ток срабатывания, А	0,0565	0,206	0,165
Ход клапана, мм	0,9±0,05	0,9±0,05	1±0,05
Рабочее напряжение, В	24	75	75
Число витков катушки	12 000	6500	6500
Сопротивление катушки при температуре 20°C, Ом	790	215	375
Масса, кг	1,35	2,4	1,5

Рис. 84. Электропневматический вентиль ВВ-32:

1 — кнопка; 2 — гильза; 3 — якорь; 4 — катушка; 5 — сердечник; 6 — выпускной клапан; 7 — впускной клапан; 8 — пружина; 9 — корпус

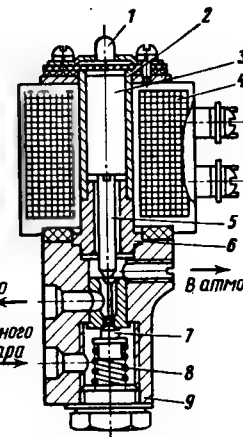
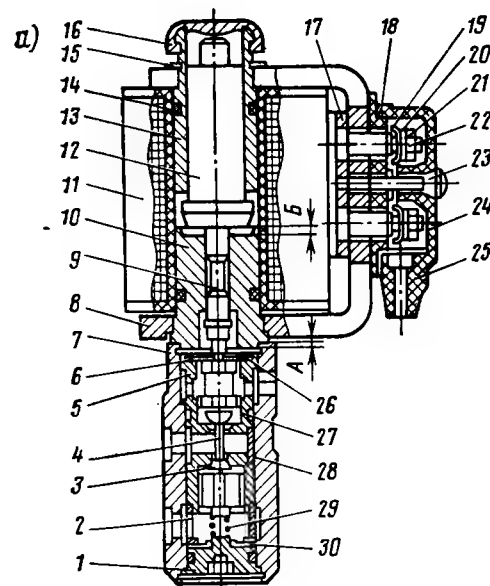


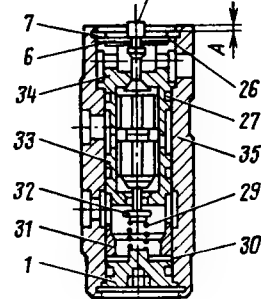
Рис. 85. Вентиль электропневматический ВВ-1000:

а — общий вид включающего вентиля; б — клапанный механизм выключающего вентиля; 1 — заглушка; 2, 13, 31 — втулки; 3, 5 — затворы нижний и верхний; 4, 9, 32 — штоки; 6, 18, 26, 30 — прокладки; 7, 14, 15, 27 — кольца; 8 — ядро; 10 — сердечник; 11 — катушка; 12 — якорь; 16 — колпачок; 17, 19, 20, 21 — шайба; 22 — гайка; 23 — винт; 24 — крышка; 25 — грубка; 28, 35 — корпуса; 29 — пружина; 33, 34 — затворы

В цилиндр
Из воздушного резервуара
В атмосферу



б) Положение торца при закрытом нижнем клапане



тилей ВВ-1 и ВВ-3 намотаны на каркас, а катушка вентиля ВВ-32 без каркаса, залита эпоксидным компаундом. Клапанная система вентиля состоит из корпуса 9, впускного клапана 7, выпускного клапана 6 и пружины 8.

При обесточенной катушке пружина впускного клапана прижимает впускной клапан к втулке, тем самым перекрывается доступ воздуха к механизму. Верхний (выпускной) клапан открывает верхнее отверстие, и воздушный объем управляемого механизма соединяется с атмосферой. При подаче напряжения на катушку якорь 3 притягивается к сердечнику 5, передвигает вниз выпускной клапан,

который закрывает атмосферное отверстие. Одновременно нижний (впускной) клапан откроет впускное отверстие, и сжатый воздух поступает к управляемому механизму. После снятия напряжения с катушки под действием пружины впускной клапан закроет впускное отверстие, а выпускной, поднявшись вверх, соединит объем управляемого механизма с атмосферой.

Электропневматические вентили ВВ-1000 (рис. 85) представляют собой двухпозиционные пневмораспределители с электромагнитным приводом и пружинным возвратом. Пневмораспределитель и электромагнит соединены между собой и являются автономными узлами вентиля. Включающий и выключающий вентили различаются между собой только конструкцией клапанного механизма.

Клапанный механизм вентиля (рис. 85, а) состоит из корпуса 35 с расположенными в нем верхним 34 и нижним 33 затворами и заглушкой 1, установленными на подвижной посадке и уплотненными резиновыми кольцами 27. Фиксация затворов и заглушки в корпусе осуществляется пружинными кольцами 7 и дистанционной втулкой 31. Клапан удерживается в исходном положении пружиной 29 и штоком 32.

Электромагнит вентиля состоит из ядра 8 с катушкой 11 и установленных в нем на неподвижной посадке втулки 13 с якорем 12 и сердечником 10 со штоком 9. Втулка 13 фиксируется в ядре пружинным кольцом 15. Для защиты полости электромагнита от загрязнения служат резиновый колпачок 16 и кольца 14. Принцип работы электропневматических вентилей ВВ-1000 такой же, что и у вентилей ВВ-1. При срабатывании включающего вентиля якорь 12 электромагнита передает усилие на шток 9, который переключает клапанный механизм в положение, когда атмосферное отверстие перекрывается, а воздух из резервуара управления поступает в механизм привода.

При включении выключающего вентиля резервуар управления разъединяется от привода, и цилиндр привода соединяется с атмосферой.

Контрольные вопросы

1. Назначение электропневматических вентилей.
2. Чем отличаются вентили ВВ-1 и ВВ-3 от вентиля ВВ-32?
3. Техническая характеристика электропневматических вентилей.
4. Устройство и работа электропневматического вентиля.

5.8. РЕЗИСТОРЫ

На тепловозах в зависимости от значений рассеиваемой мощности применяют ленточные и проволочные резисторы.

Ленточные резисторы ставят в цепи ослабления возбуждения тяговых электродвигателей и в цепи заряда аккумуляторной батареи. На тепловозах применяются два типа ленточных резисторов

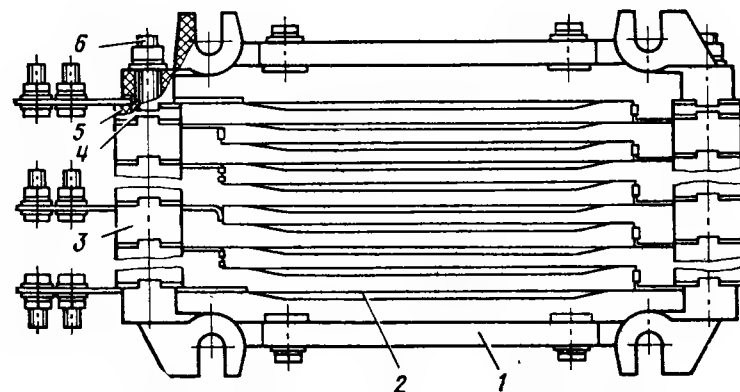


Рис. 86. Резисторы ленточные ЛС:

1 — держатель; 2 — элемент резистора; 3, 4 — изоляторы; 5 — прокладка; 6 — шпилька стягивающая

ЛС и КФ. Ленточные резисторы ЛС (рис. 86) выполнены из фехральной ленты в виде бескаркасного зигзагообразного элемента, который закрепляется с помощью стальных держателей между изоляторами. Изоляторы стягиваются шпильками. На прямолинейных участках лента имеет выштампованные в продольном направлении гофры, придающие ей жесткость. Лента в местах перегиба крепится держателями, обеспечивающими температурную компенсацию ленты и возможные технологические отклонения. Ленточные резисторы ЛС выполняются из одного или двух элементов, в последнем случае элементы устанавливаются друг над другом и стягиваются шпильками.

Ленточные резисторы КФ (рис. 87) выполнены из фехральной ленты 2, навитой на фарфоровые изоляторы 3, которые крепятся на держателе 4. Ребра изоляторов имеют винтовую канавку, в которой расположена лента. Элемент крепится на стальных скобах (стойках) изолированными шпильками и круглыми изоляторами.

Технические данные ящиков с резисторами ЛС и КФ приведены в табл. 27.

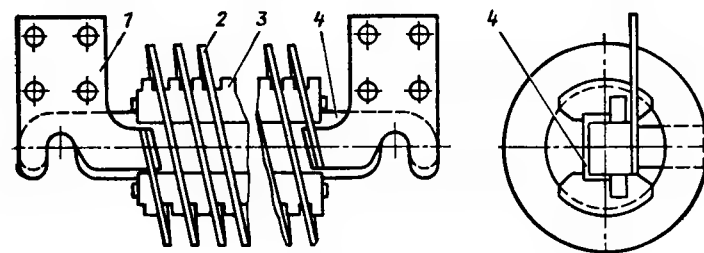


Рис. 87. Резистор ленточный типа КФ:

1 — вывод; 2 — фехральная лента; 3 — изолятор; 4 — держатель

Таблица 27

Электрическая цепь	Тип резистора	Значение сопротивления при температуре 20°C, Ом	Число элементов	Ток длительный, А	Мощность, Вт
Заряд аккумуляторной батареи	КФ	P1P2— $0,04 \pm 10\%$ P2P3, P3P4— $2 \cdot 0,038 \pm 10\%$ P4P5— $0,034 \pm 10\%$	1	86	920
Ослабление возбуждения тяговых электродвигателей	КФ	P1P2— $0,0190 \pm 5\%$ P1P3— $0,0092 \pm 5\%$ P4P5— $0,0025 \pm 5\%$ P4P6— $0,011 \pm 5\%$	2	220 300 220 300	2150
Заряд аккумуляторной батареи	ЛС-9233	P1P2— $0,17 \pm 10\%$ P1P2— $0,0425 \pm 10\%$	2	100	1700
Ослабление возбуждения тяговых электродвигателей	ЛС-9110	P1P2— $0,019 \pm 5\%$ P1P2— $0,0092 \pm 5\%$	1	220 300	1800 1800
Ослабление возбуждения тяговых электродвигателей	ЛС-9120	P4P5— $0,0225 \pm 5\%$ P4P6— $0,011 \pm 5\%$	1	220 300	2100

Проволочные резисторы СР применяются в цепи обмотки возбуждения возбудителя в качестве резисторов регулятора напряжения, реле заземления, прожектора, в цепи реле боксования, цепи блока задания и управления, цепи управления трансформатора постоянного напряжения.

Элемент резистора (рис. 88) представляет собой фарфоровый изолятор 7, на поверхности которого имеются полукруглые канавки

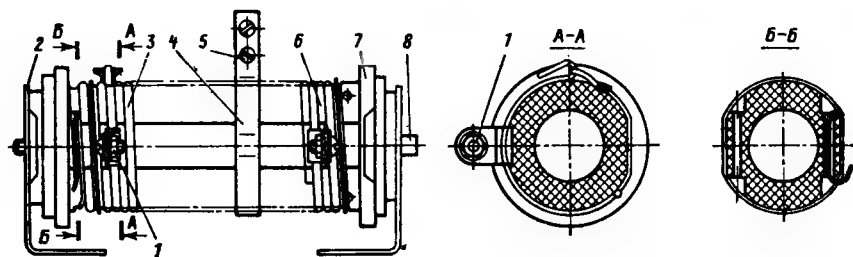


Рис. 88. Элемент проволочного резистора СР:

1 — вывод; 2 — стойка; 3 — обмотка; 4 — хомут; 5 — винт; 6 — бандаж; 7 — фарфоровый изолятор; 8 — шпилька

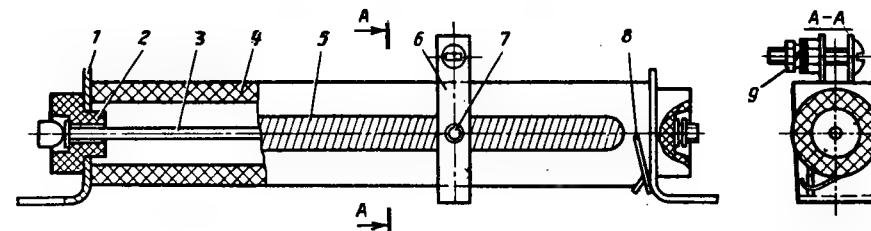


Рис. 89. Элемент проволочного резистора ПЗ:

1 — стойка; 2 — изолятор; 3 — шпилька; 4 — керамический цилиндр; 5 — обмотка; 6 — хомут; 7 — серебряный контакт; 8 — вывод обмотки; 9 — винт

ки для размещения в них обмотки 3, выполненной из фехралеовой или нихромовой проволоки. Концы обмотки закреплены на изоляторах проволочными бандажами 6 из стальной проволоки. Для подключения проходящих проводов к обмотке латунным припоем припаяны медные выводы 1.

Цилиндры (изоляторы) имеют две лыски, на которых канавки отсутствуют и поэтому в этих местах проволока выступает на поверхность цилиндра. Это сделано для улучшения контакта между регулировочным хомутом 4 и обмоткой. Шпилькой 8 к торцам цилиндра прижаты штампованные стойки 2, при помощи которых несколько элементов резистора устанавливаются на одной панели.

Проволочные резисторы ПЗ применяют в цепях тепловозов, в которых не требуется рассеивания значительной мощности. Это цепи реле переходов, боксования, пожарной сигнализации и т. д. Элемент резистора с трубками ПЗ показан на рис. 89. На полый керамический цилиндр 4 намотана проволока из нихрома или константана. Для механического закрепления витков проволоки и устранения возможного их перемещения обмотка залита стекло-видной эмалью.

На регулируемых трубках по всей длине оставлена не залитая эмалью дорожка, на которой обмотка касается регулировочного хомута 6.

При помощи шпильки 3 и изолятора 2 трубка прижимается к стойкам 1, которыми элемент резистора устанавливают на изоляционной панели. Выводы обмотки 8 контактной бесприпойной пайкой присоединены к стойкам 1. Трубки ПЗ изготавливаются мощностью до 150 Вт.

Контрольные вопросы

1. Назначение, техническая характеристика и устройство ленточных резисторов СР.
2. Назначение, техническая характеристика и устройство проволочных резисторов.
3. Назначение, техническая характеристика и устройство проволочных резисторов ПЗ.

5.9. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Для контроля режима работы тяговых электрических машин и аккумуляторной батареи, контроля температуры воды и масла, давления масла, топлива и воздуха, а также для включения и выключения цепей управления и освещения в кабинах тепловозов устанавливаются пульты управления. На панели пульта размещены аппараты: вольтметры, дистанционные электрические термометры и манометры, автоматические выключатели, тумблеры, кнопочные выключатели, световая (ламповая) сигнализация и другое оборудование.

Планировку пульта управления выполняют таким образом, что машинист может вести наблюдение за окружающей обстановкой и хорошо просматривать путь, управлять тепловозом, использовать средства внутренней сигнализации и связи, контролировать работу основного оборудования.

Оптимальная рабочая зона горизонтальной панели пульта определяется нормальными радиусами действия рук человека и эффективным углом зрения, равным 30° . Пульт сконструирован так, что имеется возможность управлять тепловозом как сидя, так и стоя.

Панель с контрольно-измерительными приборами размещают под углом $30-45^\circ$ к вертикальной оси. Приборы, кнопки, сигнальные лампы на пульте группируются по принципу важности, частоты использования и взаимосвязанности при работе. Рукоятка (штурвал) контроллера машиниста располагается слева впереди машиниста на высоте $750-900$ мм от пола, устройства управления тормозами — впереди справа. Не допускается установка на пульте управления агрегатов и устройств, издающих в процессе работы шум.

Амперметры и вольтметры. Для измерения напряжения и тока на тепловозах применяют приборы магнитоэлектрической системы. Принцип действия этих приборов основан на взаимодействии измеряемого тока, проходящего по проводникам подвижной рамки, с магнитным потоком постоянного магнита, в который эта рамка помещена. Вращающий момент, действующий на рамку, уравновешивается противодействующим моментом спиральных пружин.

Приборы магнитоэлектрической системы наиболее точны, шкала у них равномерная, что позволяет на всем протяжении шкалы иметь одинаковую чувствительность и с одинаковой точностью отсчитывать показания. Достоинство магнитоэлектрических приборов еще и в том, что они имеют высокую устойчивость к перегрузкам, небольшое собственное потребление мощности, большой вращающий момент (высокую чувствительность).

Магнитоэлектрические приборы, предназначенные для измерения тока (амперметры) и напряжения (вольтметры), имеют по существу одинаковые измерительные механизмы (рамка, вращающаяся в поле постоянного магнита). Отличие состоит в способах включения приборов. Амперметр включают в цепь последовательно,

т. е. так, чтобы через него прошел весь измеряемый ток. Собственное сопротивление амперметра должно быть достаточно малым, чтобы на нем было возможно меньшее падение напряжения.

Вольтметр включают параллельно тому участку цепи, напряжение на котором необходимо измерить. При изменении измеряемого напряжения пропорционально ему будут изменяться ток в цепи вольтметра и, следовательно, его показания. Таким образом, вольтметр по принципу действия является миллиамперметром, шкала которого градуирована в вольтах. Собственное сопротивление вольтметра должно быть достаточно большим, чтобы он не влиял на величину тока в цепи и не создавал дополнительной нагрузки для источника энергии.

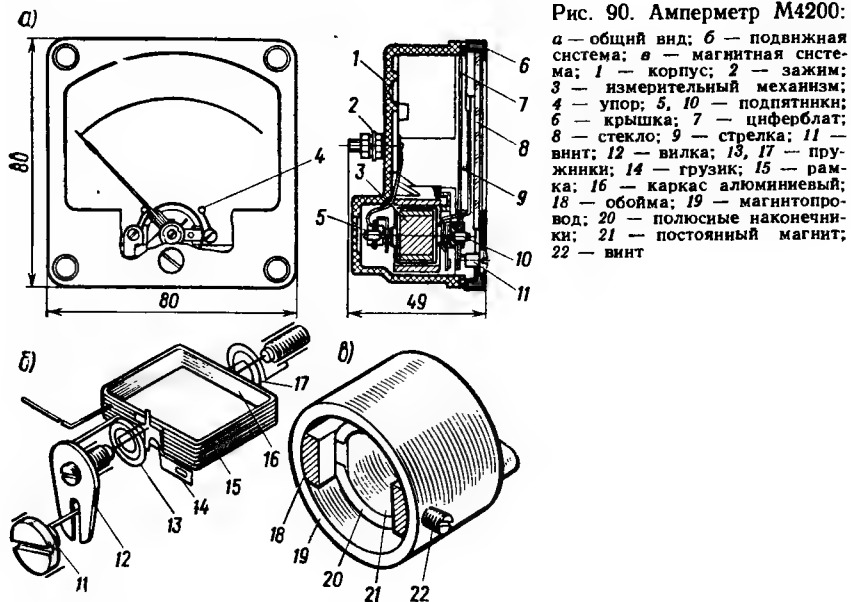
Сечение проводников рамок магнитоэлектрических приборов мало, поэтому непосредственно через них можно пропустить небольшой ток: у амперметров от 5 до 30 мА, у вольтметров от 3 до 10 мА. Чтобы расширить пределы измерения, применяют шунты и добавочные резисторы.

Шунт — это резистор с тарированным сопротивлением малой величины ($10^{-2}-10^{-4}$ Ом), включаемый параллельно амперметру. Поскольку токи распределяются обратно пропорционально сопротивлениям ветвей, большая часть измеряемого тока проходит по шунту и лишь небольшая часть через рамку амперметра. Чем меньше сопротивление шунта, тем больший ток можно с его помощью измерить.

Добавочный резистор включают последовательно с вольтметром. При этом сопротивление резистора во много раз превосходит сопротивление рамки. В результате основная часть измеряемого напряжения приходится на добавочный резистор, а лишь небольшая часть, пропорциональная значению внутреннего сопротивления прибора, — на вольтметр. Чем больше значение измеряемого напряжения, тем больше должно быть сопротивление добавочного резистора.

На тепловозах устанавливаются в основном амперметры и вольтметры М4200, хотя применяются и М358, М151 и др. Устройство приборов М4200 рассмотрим на примере амперметра (рис. 90). Измерительный механизм 3 амперметра расположен внутри пластмассового корпуса 1, закрытого крышкой 6. В крышке имеется отверстие со стеклом 8 для наблюдения за показаниями прибора. Стрелка 9 перемещается вдоль циферблата 7. В крайних положениях стрелки установлены упоры 4.

Шкала равномерная длиной не менее 69 мм, рабочая часть охватывает всю длину шкалы. Для включения амперметра в электрическую цепь на задней стенке корпуса расположены два зажима 2. Магнитная система прибора состоит из кольцевого магнитопровода 19, внутри которого вставлена обойма 18 с постоянным магнитом 21 и полюсным наконечником 20. Обойма 18 закреплена внутри магнитопровода двумя винтами 22. Подвижная рамка 15 вращается в зазоре между магнитопроводом и полюсными наконечниками. Размещение постоянного магнита внутри рамки делает



механизм очень компактным. Форма полюсных наконечников и магнитопровода, а также их взаимное расположение выполнены таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное распределение магнитного потока в зазоре. При этом вращающий момент рамки прямо пропорционален значению измеряемого тока.

Противодействующий момент, создаваемый спиральными пружинками 13 и 17, прямо пропорционален углу закручивания. Следовательно, угол поворота рамки прямо пропорционален измеряемому току, т. е. прибор имеет равномерную, удобную для считывания показаний шкалу.

К рамке 15 прикреплены стрелка и две полуоси, заканчивающиеся кернами. Керны опираются на неамортизированные подпятники 5 и 10. Электрический ток подводится к проводникам рамки через пружинки 13 и 17.

Подвижную систему уравнивают при помощи грузика 14. В уравновешенном приборе центр тяжести подвижной системы совпадает с ее осью вращения, благодаря чему сила тяжести не влияет на отклонения рамки, т. е. показание прибора не зависит от его пространственного положения.

При изменении тока подвижная система амперметра под действием сил инерции некоторое время колеблется около нового положения равновесия. Чтобы система быстрее устанавливалась в новом положении, применяют различные успокоители.

В данном приборе применен магнитоиндуктивный успокоитель колебаний. Им служит алюминиевая обойма 18, на которой намотаны проводники рамки 15. При вращении в поле постоянного

магнита обойма представляет собой короткозамкнутый виток, в котором наводится ток. В результате взаимодействия этого тока с магнитным полем возникает сила, противодействующая перемещению рамки.

Значение тормозной силы будет тем больше, чем больше скорость перемещения рамки. Если рамка неподвижна, ток в ней не наводится, и тормозная сила равна нулю.

Под действием различных факторов (колебания температуры, толчки при перегрузках, остаточные деформации пружинки 13 и 17) происходит отклонение стрелки прибора от нулевого деления шкалы. Чтобы установить стрелку на нулевое деление, используют корректор. Корректор состоит из винта 11 с эксцентриком и вилки 12, к которой прикреплен второй конец пружинки 13. При вращении винта 11 изменяется момент, развиваемый пружинкой 13, и происходит поворот рамки со стрелкой.

Прибор для определения сопротивления изоляции низковольтных цепей. Для этих целей на тепловозах устанавливают вольтметры М151 с переключателями П1821 (рис. 91). Переключатель имеет три положения и позволяет вольтметром поочередно измерять: напряжение сети U_c , напряжение между минусовыми проводами и корпусом U_- , напряжение между плюсовыми проводами и корпусом тепловоза U_+ . Зная эти значения и сопротивление вольтметра R_v , определяют сопротивление изоляции

$$R_{из} = R_v (U_c / (U_- + U_+) - 1).$$

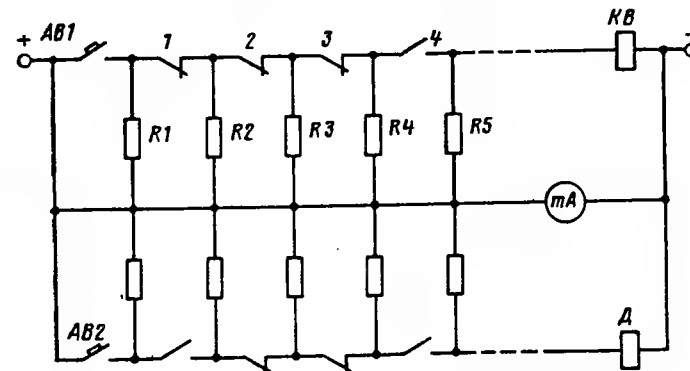


Рис. 92. Схема включения прибора для определения неисправностей

Для упрощения пользования прибором на табличке переключателя нанесена шкала, на которой отмечены значения напряжения U и соответствующие им значения сопротивления изоляции $R_{из}$.

Порядок пользования прибором:

измеряют напряжение во всех положениях переключателя, вычисляют напряжение $U = U_- + U_+$ и по шкале для данного U_c определяют сопротивление изоляции против полученной U .

Прибор для определения неисправностей. В качестве прибора для определения отказавшего элемента в цепи катушек пусковых контакторов и контактора возбуждения тягового генератора используют миллиамперметр М4200 или М235, подключенный к элементам цепи управления 1, 2, 3, 4 (рис. 92) через резисторы $R1-R4$ (все сопротивления резисторов равны). В зависимости от числа исправных элементов изменяется количество параллельно включенных резисторов и, следовательно, ток в цепи миллиамперметра. Если, например, включен автомат $AB1$, а контакты 1 в цепи катушки контактора KB разомкнуты, то в цепь миллиамперметра будет включен только один резистор $R1$ и ток в его цепи будет наименьшим (допустимым 1 мА). Показание миллиамперметра 1 мА означает, что контакты 1 в цепи катушки контактора KB разомкнуты. Если замкнуты контакты автомата $AB1$ и контакты 1, 2, 3, а контакты 4 разомкнуты, то параллельно включенными окажутся резисторы $R1-R4$. Суммарное сопротивление в цепи миллиамперметра уменьшится в 4 раза, и миллиамперметр покажет ток 4 мА. Такое показание прибора означает, что не включен контакт 4 и т. д.

Обычно условные обозначения элементов цепи катушек KB , D наносят на шкалу прибора против тех положений стрелки, которые она занимает, если этот элемент нарушает питание катушек KB или D . Так как указанные цепи одновременно не включаются, то для определения отказавшего элемента используется один миллиамперметр с двумя шкалами, иногда с тремя. Тумблер служит для отключения миллиамперметра. Значения сопротивлений резисторов R выбирают достаточно большими (60—100 кОм), чтобы при любых сочетаниях включенных (исправных) и выключенных (неисправных) элементов цепи катушек контакторов D и KB контакторы не могли включиться или остаться включенными, если они были ранее включены.

Электрические дистанционные манометры ЭДМУ применяют для дистанционного измерения избыточного давления в масляной системе (на входе в дизель) и топливной (после фильтра тонкой очистки). Манометр состоит из приемника давления и электрического указателя, устанавливаемого на пульте управления машиниста. Приемник давления и указатель соединены проводами. Манометры питаются от сети постоянного тока напряжением $27 В \pm 10\%$. На тепловозах применяют манометры ЭДМУ-6 и ЭДМУ-15Ш. Принцип действия манометров ЭДМУ следующий (рис. 93). Измеряемая среда, поступая в приемник давления, воздействует на упругую мембрану, которая деформируется и через передаточный механизм передвигает контакт c , скользящий по потенциометру R .

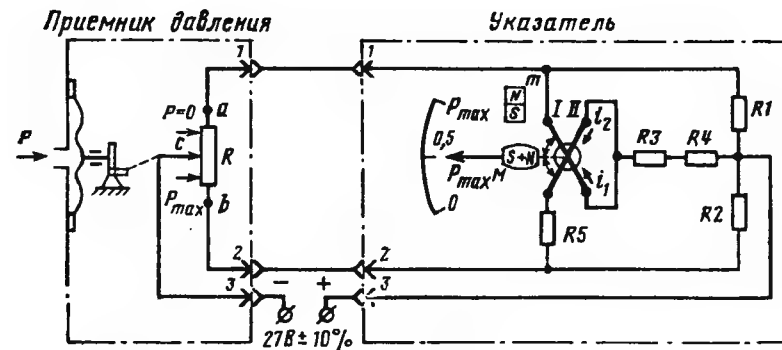


Рис. 93. Принциальная схема электрического дистанционного манометра ЭДМУ

Если давление увеличивается, контакт c перемещается вниз, если уменьшается, — вверх. В результате каждому значению измеряемого давления соответствует определенное положение контакта c и определенное сопротивление участков ac и bc потенциометра R . Соотношение сопротивлений ac и bc измеряют магнитоэлектрическим логометром, состоящим из двух неподвижных рамок I и II , расположенных под углом 120° , и подвижного магнита M , вращающегося в магнитном поле рамок. Рамки логометра включены в диагональ моста, два плеча которого образуют переменные сопротивления ac и bc , а два других плеча — нерегулируемые резисторы $R1$ и $R2$.

Напряжение питания подводят ко второй диагонали моста. Резисторы $R3$ и $R4$ образуют полудиagonal. Рамки логометра имеют одинаковое число витков, но по конструктивным соображениям размеры рамки I выполнены большими, чем рамки II . Чтобы сделать сопротивление рамок одинаковым, в схему включен резистор $R5$.

Под действием питающего напряжения в рамках логометра протекают токи i_1 и i_2 , образующие магнитные поля рамок. Взаимодействуя между собой, магнитные поля образуют результирующее поле, вдоль оси которого устанавливаются подвижный магнит M и связанная с ним указательная стрелка прибора.

Сопротивления резисторов выбраны такими, что при отсутствии избыточного давления ($P=0$) ток в рамке I имеет наибольшее значение, а ток в рамке II равен нулю. Поскольку магнитное поле при этом создается только рамкой I , подвижной магнит M устанавливается вдоль ее оси, а стрелка указывает на нулевую отметку шкалы.

По мере увеличения давления подвижной контакт c перемещается к точке b , сопротивление участка ac потенциометра увеличивается, а участка bc уменьшается. В связи с этим ток и магнитный поток рамки I будут уменьшаться, а рамки II — увеличиваться. Ось результирующего магнитного поля при этом поворачивается по

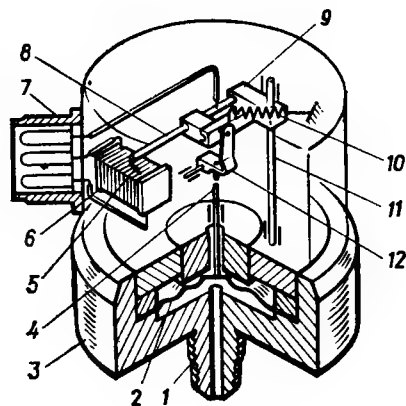


Рис. 94

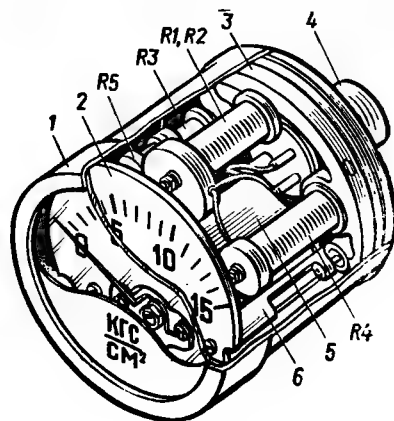


Рис. 95

Рис. 94. Кинематическая схема приемника давления манометра ЭДМУ:

1 — штуцер; 2 — мембрана; 3 — основание; 4 — шток; 5 — щетка; 6 — потенциометр; 7 — штепсельный разъем; 8 — щеткодержатель; 9 — поводок; 10 — возвратная пружина; 11 — ось; 12 — качалка

Рис. 95. Указатель электрического дистанционного манометра ЭДМУ:

1 — кожух; 2 — циферблат; 3 — основание; 4 — штепсельный разъем; 5 — логометр; 6 — стойки; R1—R5 — резисторы

часовой стрелке. В том же направлении поворачивается магнит M со стрелкой, указывающей увеличение давления.

При среднем значении давления ($P=0,5P_{\max}$) мостовая схема делается полностью симметричной. Благодаря равенству токов ($i_1=i_2$) ось результирующего магнитного поля располагается под равными углами (60°) к осям рамок I и II. Когда давление достигнет максимального значения ($P_{\max}$), ток в рамке I станет равен нулю. Магнит M при этом располагается вдоль оси рамки II, а стрелка прибора указывает на предельную отметку шкалы ($P_{\max}$).

Если источник питания манометра отключен (токи в рамках равны нулю), подвижной магнит и стрелка прибора могут находиться в произвольном положении. Чтобы вернуть стрелку к нулю шкалы, установлен добавочный неподвижный магнит m , взаимодействующий с подвижным магнитом M . Резисторы R3 и R5 предназначены для регулирования прибора.

Механизм приемника давления манометра (рис. 94) смонтирован в герметическом алюминиевом корпусе. В основании 3 корпуса закреплена гофрированная мембрана 2. Измеряемое давление подается под мембрану через штуцер 1. При увеличении давления мембрана 2 деформируется и через шток 4 передает движение качалке 12. Качалка поворачивается и, нажимая на поводок 9, перемещает его вокруг оси 11. В поводке 9 закреплён щеткодержатель 8 с щетками (подвижными контактом) 5, которые при повороте поводка скользят по проволочному потенциометру 6. При уменьшении давления обратное движение механизма происходит под действием

возвратной пружины 10. Щеткодержатель 8 и потенциометр 6 соединены проводами с контактными штырями штепсельного разъема 7.

Основной элемент указателя манометра (рис. 95) — логометр 5 закреплён на алюминиевом основании 3 с помощью двух стоек 6. К стойкам 6 крепят также циферблат 2. Кроме логометра, на основании 3 установлены резисторы R1—R5 и штепсельный разъем. Кожух 1 указателя дюралюминиевый, брызгонепроницаемый, со стеклом для наблюдения за шкалой.

Указатели всех манометров типа ЭДМУ имеют одинаковое устройство и отличаются друг от друга только градуировкой шкалы.

Электрическими термометрами сопротивления измеряют температуру воды и масла дизеля на ведущей и ведомой секциях теплового. Принцип действия этих термометров основан на свойстве проводников и полупроводников менять электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Измеряя сопротивление с помощью специального измерительного устройства, судят о температуре среды, в которую помещен приемник с чувствительным элементом (проводником или полупроводником). На всех тепловозах устанавливают полупроводниковые термометры сопротивления ТП-2, состоящие из приемника ТП-2 и указателя ТУЭ-8А. Диапазон измерения температуры термометром ТП-2 от 0 до 120°C .

Теплочувствительным элементом термометра ТП-2 (рис. 96) является полупроводниковый терморезистор. Приемник термометра вместе с встроенным в него терморезистором устанавливают в месте измерения температуры.

Указатель прибора (магнитоэлектрический логометр) включен в диагональ мостовой измерительной схемы. Два плеча этой схемы образуют нерегулируемые резисторы R1 и R2, а два других плеча — нерегулируемый резистор R3 и терморезистор R_q , величина сопротивления которого зависит от температуры измеряемой среды. Ре-

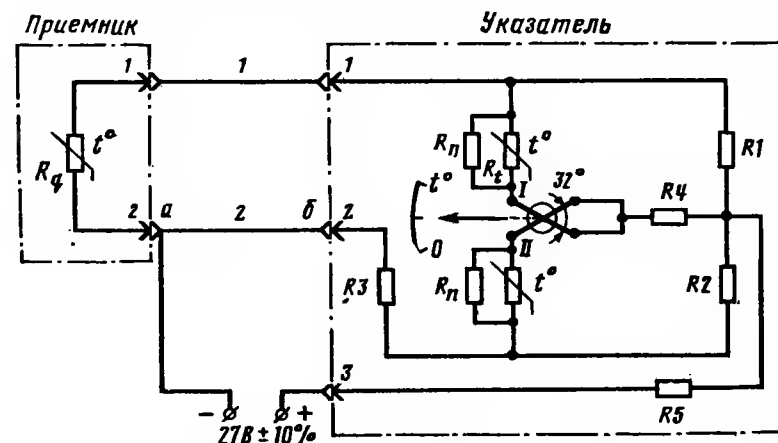


Рис. 96. Принципиальная схема электрического термометра сопротивления ТП-2

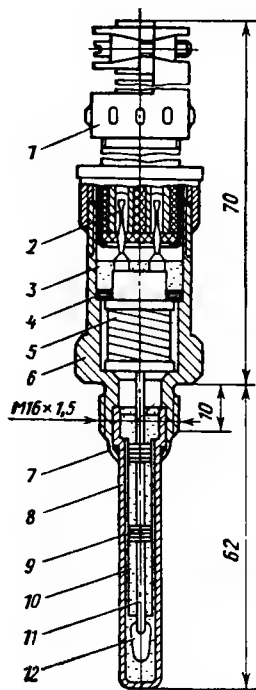


Рис. 97. Приемник ПП-2 электрического термометра ТП-2:

1 — штепсельный разъем; 2 — контактные штыри; 3 — компаунд; 4 — прокладка; 5 — колодка; 6 — штуцер; 7 — свинцовая прокладка; 8 — металлический колпачок; 9 — бандаж из ниток; 10 — изоляционная прокладка; 11 — электрические выводы; 12 — теплочувствительный элемент

зистор R_4 образует полудиagonal моста. Вторую diagonal моста через резистор R_5 подключают к источнику питания постоянного тока напряжением $27 \text{ В} \pm 10\%$. Применение мостовой измерительной схемы повышает чувствительность прибора.

Измерительный механизм логометра состоит из двух подвижных рамок I , II , жестко закрепленных на оси под углом 32° друг к другу. Рамки вращаются в неравномерном магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом (на схеме не показан), и перемещают вдоль шкалы указательную стрелку.

Вращающие моменты рамок I и II направлены встречно. При изменении температуры t , следовательно, R_q изменяются токи в рамках логометра и их моменты. Под действием большого момента рамки начнут поворачиваться по или против часовой стрелки.

При некотором угле поворота движущий и противодействующий моменты станут равны, перемещение рамок прекратится, а стрелка прибора укажет значение измеряемой температуры. При выключенном питании возврат рамок в исходное (нулевое) положение осуществляется тремя пружинками. Их момент по сравнению с моментами вращения рамок I и II значительно меньше, поэтому они не оказывают заметного влияния на показания прибора.

Теплочувствительный элемент 12 приемника электрического термометра (рис. 97) состоит из одного или двух последовательно соединенных полупроводниковых терморезисторов, расположенных внутри металлического колпачка 8. Электрические выводы 11 терморезисторов разделены изоляционной прокладкой 10 и прикреплены к ней двумя бандажами из ниток 9. Свободное пространство внутри колпачка 8 заполняют компаундом. Концы выводов 11 припаяны к контактам колодки 5, изготовленной из пресс-материала. С противоположной стороны в колодку 5 армированы контактные штыри 2, служащие для соединения приемника со штепсельным разъемом 1. Для герметизации внутренней полости в месте выхода штырей 2 установлена прокладка 4, а пространство над ней заполнено компаундом 3. Колпачок 8 запрессован в штуцер 6 на герметике. Кроме того, установлена свинцовая прокладка 7 и края штуцера развальцованы.

Контрольные вопросы

1. Назначение, принцип работы и схема включения амперметра.
2. Назначение, принцип работы и схема включения вольтметра.
3. Как и чем осуществляется контроль сопротивления изоляции цепи управления?
4. Назначение и принцип работы прибора для отыскания неисправностей в цепи управления.
5. Назначение, устройство и принцип работы электроманометра.
6. Назначение, устройство и принцип работы электротермометра.

5.10. РЕГУЛЯТОР НАПЯЖЕНИЯ ТРН-1

Регулятор напряжения ТРН-1 служит для поддержания напряжения вспомогательного генератора равным $75 \text{ В} \pm 3\%$ во всем рабочем диапазоне изменения частоты вращения двухмашинного агрегата, а также изменения тока нагрузки вспомогательного генератора от минимального до максимального значения. По принципу действия регулятор является электродинамическим аппаратом вибрационного типа. Постоянное напряжение поддерживается за счет того, что регулятором устанавливается необходимое значение сопротивления в цепи обмотки возбуждения вспомогательного генератора.

Техническая характеристика регулятора напряжения ТРН-1

Поддерживаемое напряжение, В	$75 \pm 3\%$
Максимальное сопротивление, Ом	82
Число пар контактов	7
Максимальный раствор контактов, мм	$0,3 \pm 0,1$
Максимальный ток контактов, А	9
Давление, Н	$0,03 - 0,1$
Длительный ток обмотки, А:	
неподвижной	1,3
подвижной напряжения	0,8
подвижной токовой	4,3

Магнитная система регулятора (рис. 98, а) состоит из сердечника 27, наконечника 30, корпуса 14, стальной плиты 20 и стакана 28. Наконечник 30, накрученный на сердечник 27, имеет равномерно расположенные по окружности отверстия с резьбой под стопорные болты. Стакан 28 имеет шесть круглых отверстий для охлаждения неподвижной катушки и два прямоугольных для доступа к наконечнику при настройке регулятора. Корпус 14, стакан 28 и плита 20 скреплены между собой шпильками 2, сердечник 27 притянут к плите болтом 23. Корпус через изоляционную втулку крепится к основанию 5. Кроме того, дополнительно магнитная система крепится к основанию через изоляционную колодку 18 с помощью угольников 17, жестко связанных с плитой 20. На сердечник 27 надет неподвижная катушка 19. Катушка 19 закрепляется хвостовиком гильзы, проходящим через отверстие в плите. Выводы катушки проходят через отверстие в плите. Подвижная катушка наматывается на латунный каркас, который крепится к шайбе 35. Катушка

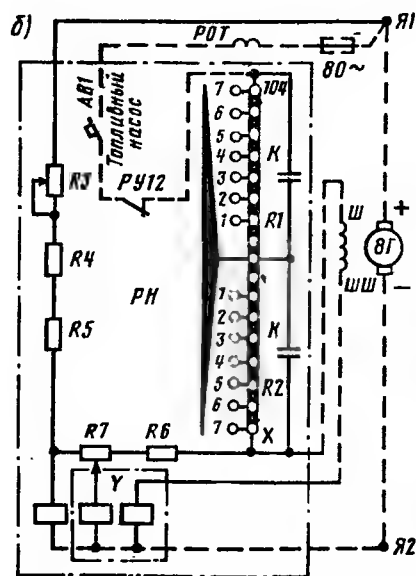
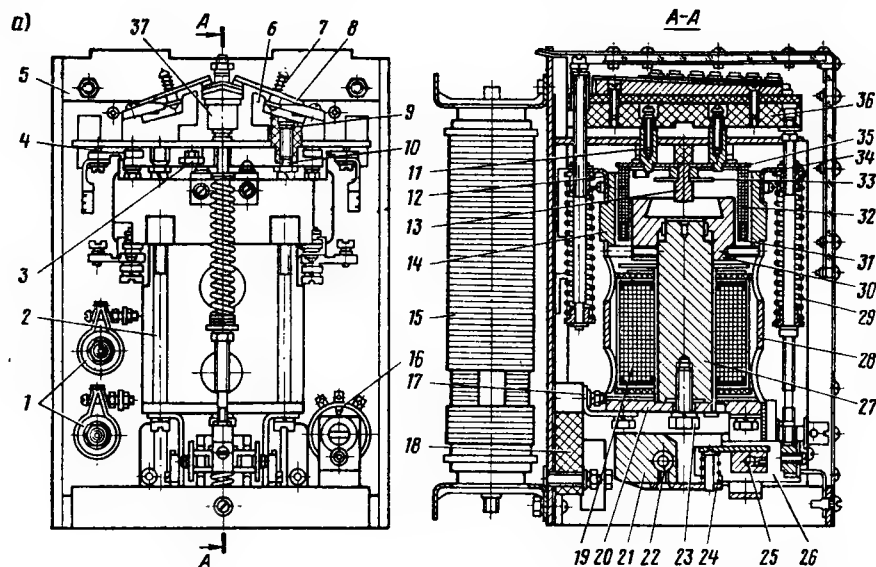


Рис. 98. Регулятор напряжения ТРН-1 (а) и схема включения (б):

1 — резисторы обратной связи; 2 — шпилька; 3 — регулировочный болт; 4 — перегородка; 5 — основание; 6, 18, 37 — изоляционные колодки; 7 — пружина; 8 — контакты; 9, 10 — винты; 11 — бонка; 12 — скоба; 13 — упор; 14 — корпус; 15 — резистор СР; 16 — реостат «Корректировка напряжения»; 17 — угольник; 19 — неподвижная катушка; 20 — плита; 21 — груз; 22, 25 — оси; 23 — болт; 24 — пружина противовеса; 26 — рамка; 27 — сердечник; 28 — стакан; 29 — цилиндрическая пружина; 30 — наконечник; 31 — токовая обмотка; 32 — обмотка напряжения; 33 — диск; 34 — кольцо; 35 — шайба; 36 — подвижная колодка

состоит из двух обмоток: напряжения 32 и токовой 31. Одни концы обмоток спаяны внутри катушки и соединены с каркасом, а вторые выведены наружу. Снизу к каркасу крепится латунная шайба с двумя хвостовиками, соединенными с концами нижних плоских пружин. Сверху к катушке крепится изоляционная колодка, которая

скреплена с концами верхних плоских пружин. Следовательно, подвижная катушка подвешивается на четырех плоских пружинах и может перемещаться в зазоре между наконечником 30 и корпусом 14.

На подвижной контактной колодке 36 установлена алюминиевая планка со скосом по длине под углом 2° , а к алюминиевой планке прикреплены контактные пластинки. Концы контактной колодки связаны со шпильками цилиндрических пружин 29, вторые концы пружин прикреплены винтами к корпусу 14. Усилие от цилиндрических пружин направлено вверх, пружины стремятся подвижную систему переместить в крайнее верхнее положение.

С обеих сторон от контактной колодки расположены изоляционные колодки 6, на которых размещены контакты 8, соприкасающиеся с контактными пластинками колодки 36. Контактное нажатие пальцев создается пружинами 7. Контактные пальцы соединены проводами с секциями регулирующих резисторов 15, установленных с задней стороны основания.

Для предотвращения воздействий резких толчков и тряски на контактную систему подвижная система снабжена противовесом, состоящим из груза 21, рамки 26 и пружины 24. При перемещении подвижной системы рамка 26, связанная со шпилькой передней цилиндрической пружины, поворачивается вокруг оси 25. Груз 21 может поворачиваться вокруг оси 22 и связан с подвижной системой через пружину 24. При резких толчках груз создает момент, направленный против момента, действующего на подвижную систему, вследствие этого снимается вредное воздействие резких толчков на подвижную систему.

Кроме указанного, регулятор имеет резисторы обратной связи типа ПЭ, регулировочный реостат 16 с ползуном и конденсаторы для улучшения дугогашения.

Рассмотрим работу регулятора при увеличении частоты вращения вала вспомогательного генератора. При установившемся режиме работы регулятор поддерживает постоянное напряжение за счет введения требуемого сопротивления в цепь возбуждения вспомогательного генератора. При этом подвижная система колеблется с небольшой амплитудой, контактные пальцы соответствующей пары в это время периодически размыкаются и замыкаются, поддерживая требуемое значение сопротивления в цепи возбуждения вспомогательного генератора. При переводе рукоятки (штурвала) контроллера на более высокую позицию частота вращения коленчатого вала дизеля увеличивается, увеличивается и частота вращения вала двухмашинного агрегата. Напряжение вспомогательного генератора возрастает, ток, протекающий по неподвижной катушке и в обмотке напряжения подвижной катушки, увеличится. Подвижная катушка будет сильнее притягиваться к неподвижной и, преодолевая усилие цилиндрических пружин, подвижная планка опустится вниз, разомкнет очередную пару контактов в цепи резисторов R1 и R2, что приведет к снижению тока возбуждения и напряжения вспомогательного генератора.

В процессе работы регулятора сопротивления резисторов $R1$ и $R2$ изменяются подвижной системой быстрее изменения магнитного потока возбуждения, обладающего некоторой инерцией. Поэтому при движении подвижной системы вниз она не остановится при достижении значения тока возбуждения, соответствующего номинальному напряжению, а пройдет это положение и введет в обмотку возбуждения большее сопротивление. Напряжение вспомогательного генератора станет меньше номинального, токи в неподвижной катушке и обмотке напряжения подвижной уменьшатся так, что сила притяжения подвижной катушки к неподвижной станет меньше усилия цилиндрических пружин. Следовательно, под действием цилиндрических пружин подвижная система пойдет вверх, контакты замкнутся и выведут часть сопротивления в цепи возбуждения вспомогательного генератора, ток возбуждения начнет расти, а это вызовет увеличение напряжения вспомогательного генератора. Подвижная система не остановится в положении, когда ток возбуждения достигнет значения, соответствующего номинальному напряжению, а пройдет это положение и зашунтирует большее сопротивление, чем требуется. Это вызовет увеличение (против номинального) напряжения вспомогательного генератора, и процесс регулирования повторится. Таким образом, в регуляторе возникают незатухающие колебания подвижной системы с большой амплитудой и малой частотой, вызывающие недопустимые изменения напряжения вспомогательного генератора. Для устранения этого явления в регуляторе используется отрицательная обратная связь, выполняющая роль электромагнитного успокоителя, которая действует следующим образом. При установившемся режиме работы разность потенциалов между точками x и y близка к нулю. При увеличении напряжения вспомогательного генератора выше номинального (увеличилась частота вращения вала двухмашинного агрегата) подвижная система регулятора, перемещаясь вниз, увеличивает сопротивление $R1$ и $R2$, что приводит к уменьшению тока возбуждения и потенциала точки x .

Разность потенциалов между точками x и y вызовет уменьшение тока в обмотке напряжения подвижной катушки (а при резком большом увеличении сопротивления может вызвать и изменение направления тока). Таким образом, как только подвижная система начинает выходить из установившегося состояния под действием увеличения напряжения, уменьшается ток в обмотке напряжения подвижной катушки, что приводит к уменьшению силы притяжения между катушками, уменьшает скорость движения подвижной катушки и амплитуды колебания подвижной системы.

В том случае, когда подвижная система перемещается вверх под действием цилиндрических пружин, значение сопротивлений $R1$ и $R2$ уменьшается, ток возбуждения увеличивается, а также увеличивается потенциал точки x по отношению к потенциалу в точке y . За счет разности потенциалов между точками x и y ток в обмотке напряжения подвижной катушки и сила притяжения между катушками увеличатся, что приведет к уменьшению скорости дви-

жения вверх подвижной системы и амплитуды колебания подвижной системы. Таким образом, колебание напряжения вспомогательного генератора уменьшится.

При номинальном напряжении вспомогательного генератора обратная связь нарушает равновесие подвижной системы. Для компенсации влияния обратной связи при установившемся номинальном режиме применена токовая обмотка $3I$ подвижной катушки, магнитный поток которой направлен против магнитного потока обмотки напряжения.

При переводе рукоятки или штурвала контроллера машиниста на низшие позиции частота вращения вала вспомогательного генератора снижается, что приводит к уменьшению напряжения вспомогательного генератора. Уменьшение напряжения вызывает уменьшение тока возбуждения и тока неподвижной катушки и обмотки напряжения подвижной. В результате сила взаимодействия катушек уменьшится и под действием цилиндрических пружин подвижная система переместится вверх, при этом контактные пальцы замкнутся и зашунтируют часть сопротивления в обмотке возбуждения вспомогательного генератора. Как только зашунтируется часть сопротивления, так потенциал точки x увеличится по сравнению с точкой y за счет обратной связи, ток в обмотке напряжения подвижной катушки увеличится, а скорость движения подвижной системы уменьшится. Таким образом, через положение, при котором ток возбуждения соответствует номинальному напряжению, подвижная система перейдет с меньшей скоростью, а поэтому отклонение ее от установившегося состояния будет незначительным. После перехода подвижной системы через положение, соответствующее номинальному напряжению, контактные пальцы зашунтируют большую величину сопротивления, поэтому ток возбуждения увеличится и напряжение станет больше номинального. Это вызовет увеличение тока в неподвижной катушке и обмотке напряжения подвижной, и процесс регулирования повторится, но только подвижная система начнет колебаться около установившегося положения с незначительной амплитудой и напряжение будет подерживаться $75 \text{ В} \pm 3\%$.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика регулятора напряжения ТРН-1.
2. Устройство регулятора напряжения ТРН-1.
3. Работа регулятора напряжения при увеличении частоты вращения вала вспомогательного генератора.
4. Назначение и принцип действия обратной связи.
5. Работа регулятора напряжения при уменьшении частоты вращения вала вспомогательного генератора.

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ И МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

На современных тепловозах широкое применение стали получать бесконтактные аппараты, создаваемые на полупроводниковых и магнитных элементах. По сравнению с электромеханическими устройствами (реле, контакторами, переключателями и т. д.) бесконтактные аппараты имеют ряд преимуществ: отсутствие подвижной системы, высокая чувствительность и быстродействие, постоянная готовность к действию, высокий к.п.д., универсальность, малые затраты на обслуживание и ремонт, высокая надежность. Использование бесконтактных устройств в цепях тепловозов дает возможность широко применять автоматизацию, улучшать технико-экономические характеристики энергетической установки, а также повышать безопасность движения и улучшать условия труда локомотивных бригад.

В качестве основных элементов (бесконтактных) используются диоды, стабилитроны, транзисторы, тиристоры и магнитные усилители.

Принцип работы диодов дан ранее, поэтому ниже рассматривается принцип работы остальных элементов.

Стабилитрон — это специальный тип полупроводникового диода, который при включении в обратном направлении может длительно работать в режиме электрического пробоя p - n -перехода и обеспечивать при изменении обратного тока постоянное напряжение на своих зажимах. При приложении к стабилитрону как в прямом, так и в обратном направлениях напряжения меньшего, чем напряжение пробоя, стабилитрон ничем не отличается от рассмотренных ранее лавинных вентилях. Прямая ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона (рис. 99) ничем не отличается от характеристики обычного кремниевых диода. При определенном напряжении обратный ток резко возрастает, происходит лавинный пробой p - n -перехода. Максимальное значение тока стабилизации определяется максимально допустимой температурой нагрева стабилитрона.

Основными параметрами кремниевых стабилитронов являются: номинальное напряжение и номинальный ток стабилизации, допустимая мощность рассеяния, динамическое сопротивление и температурный коэффициент напряжения стабилизации.

Напряжение, при котором происходит электрической пробой и которое поддерживается постоянным на зажимах стабилитрона, называется **напряжением стабилизации** $U_{ст}$. Поскольку напряжение зависит от температуры p - n -перехода, за номинальное напря-

жение стабилизации $U_{ст}^{ном}$ принимают значение $U_{ст}$ при заданных условиях охлаждения и номинальном токе стабилитрона $I_{ст}^{ном}$.

Допустимую мощность рассеяния устанавливают исходя из продолжительного режима работы для каждого типа стабилитрона. Значение этой мощности зависит от площади p - n -перехода, конструкции теплоотвода и интенсивности охлаждения.

Динамическое сопротивление характеризует изменение напряжения на стабилитроне при небольших изменениях тока $I_{ст}$ и постоянной температуре его структуры.

Напряжение стабилизации $U_{ст}$ возрастает с увеличением температуры p - n -перехода. Степень изменения напряжения стабилизации при постоянном значении тока характеризуется температурным коэффициентом стабилизации.

В электрических аппаратах для стабилизации напряжения один или несколько последовательно соединенных стабилитронов включаются параллельно нагрузке (рис. 100). При изменении входного напряжения ток, проходящий через стабилитрон (стабилитроны), изменяется, а падение напряжения на стабилитроне (стабилитронах) остается неизменным. Следовательно, напряжение $U_{вых}$ на резисторе нагрузки R_n и ток в нем I_n будут постоянными.

Кроме того, стабилитроны используются в качестве чувствительного элемента, реагирующего на изменение напряжения. В этом случае стабилитрон включается последовательно с катушкой аппарата (прибора). Если подведенное напряжение меньше напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт и в цепи прибора тока нет. Когда напряжение превысит напряжение стабилизации, стабилитрон начнет пропускать ток.

Транзистор — это полупроводниковый прибор с электронно-дырочными переходами, имеющий три или более выводов и позволя-

Рис. 99. Условное графическое обозначение стабилитрона (а) и его вольт-амперная характеристика (б)

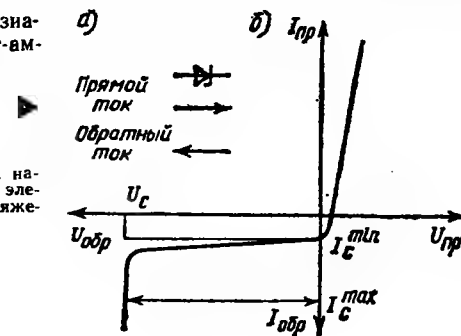
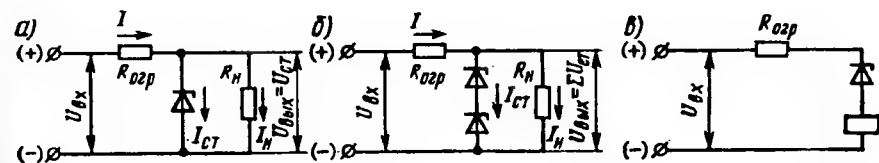


Рис. 100. Включение стабилитронов:

а, б — для стабилизации напряжения на нагрузке; в — в качестве чувствительного элемента, реагирующего на изменение напряжения



ющий осуществлять усиление и генерирование электрических сигналов, а также коммутацию электрических цепей. Согласно стандарту обозначение транзисторов, как и диодов, состоит из шести элементов.

Первый элемент определяет исходный материал: германий обозначается буквой Г или цифрой 1; кремний — буквой К или цифрой 2. Второй элемент буквенный: буква Т обозначает биполярный транзистор, у которого ток обусловлен движением основных и неосновных носителей электрических зарядов; буква П обозначает полевой транзистор, у которого ток создается только основными носителями. Третий элемент цифровой, определяет мощностную и частотную характеристики транзисторов.

Граничная частота, МГц	<3	3—30	>30
Третий элемент обозначения	1	2	3
транзистора малой мощности ($P < 0,3$ Вт)			
То же средней мощности ($P = 0,3 \dots 1,5$ Вт)	4	5	6
То же большой мощности ($P > 1,5$ Вт)	7	8	9

Четвертый, пятый и шестой элементы маркировки определяют порядковый номер разработки и номера параметрических групп.

Транзистор состоит из трех смежных областей (рис. 101), разделенных переходами. Среднюю область, образованную полупроводником с преимущественно электронным или дырочным типом проводимости, называют *базой* (*основанием*). К базе с двух сторон примыкают области с противоположным типом проводимости. Крайняя область, являющаяся источником неосновных носителей зарядов для базы, называется *эмиттером*. Электронно-дырочный переход между эмиттером и базой называют *эмиттерным*. Вторая крайняя область, которая изымает из базы неосновные носители зарядов, называется *коллектором*. Электронно-дырочный переход между коллектором и базой называется *коллекторным*.

Если база обладает электронной проводимостью, то транзистор имеет тип *p-n-p*; если база обладает дырочной проводимостью, то транзистор имеет тип *n-p-n*. Направление тока и полярность внешних источников напряжения для этих типов транзисторов противоположные; соответственно отличаются условные графические обозначения (в этих обозначениях стрелки у эмиттера показывают направление тока).

Транзисторы могут работать в трех режимах: активный, когда один из *p-n*-переходов закрыт, а второй открыт; отсечки, когда оба

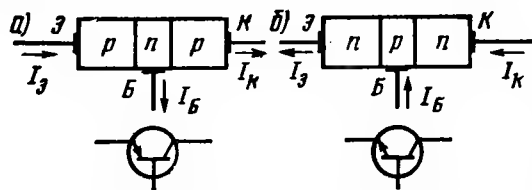


Рис. 101. Структуры областей кристалла транзисторов и условные графические обозначения их:

а — транзисторы типа *p-n-p*;
б — транзисторы типа *n-p-n*;
Э — эмиттер; К — коллектор;
Б — база

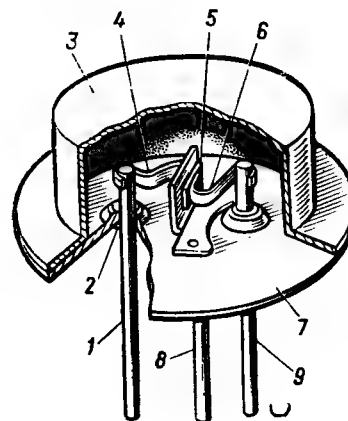
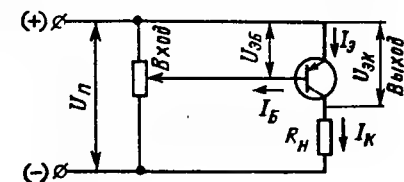


Рис. 102. Общий вид транзистора:

1 — коллекторный вывод; 2 — изоляционная втулка; 3 — корпус; 4 — гибкий электрод; 5 — кристалл германия; 6 — гибкий электрод; 7 — основание; 8 — базовый вывод; 9 — вывод эмиттера

Рис. 103. Включение транзисторов типа *p-n-p* по схеме с общим эмиттером



перехода закрыты и через транзистор проходит малый обратный ток; насыщения, когда оба перехода открыты и через транзистор идет большой ток.

Активный режим используют при работе транзистора в устройствах усиления и генерирования электрических колебаний, а два других — при применении транзистора в ключевом режиме в качестве коммутирующего элемента электрических цепей. На рис. 102 показан транзистор, состоящий из корпуса 3, в котором создан вакуум или он заполнен инертным газом. Кристалл германия 5 крепят на теплоотводящем основании 7 и соединяют гибким электродом 4 с коллекторным выводом 1, проходящим через изоляционную втулку 2. Аналогично выполнен вывод эмиттера 9 с гибким электродом 6 и базовый вывод 8.

Наличие трех выводов у транзисторов обуславливает три возможные схемы включения. В зависимости от того, какой из электродов является общим, схемы называются *с общей базой*, *с общим коллектором*, *с общим эмиттером*.

Наиболее распространенной и применяемой в тепловозных аппаратах является схема с общим эмиттером (рис. 103) как дающая наибольшее усиление по току и мощности. При этой схеме напряжение питания подводится к цепи эмиттер-коллектор, соединенной последовательно с нагрузкой R_n , напряжение управления тиристором $U_{бэ}$ подводится к переходу эмиттер-база. Таким образом, напряжение управления транзистором $U_{бэ}$ или ток базы I_b являются для транзистора входным сигналом, который управляет током выхода I_k .

Тиристор представляет собой полупроводниковый прибор, имеющий четырехслойную структуру *p-n-p-n* с тремя *p-n*-переходами и одним управляющим электродом (рис. 104). Характеристика тиристора близка к характеристике идеального ключа, он может находиться в одном из двух возможных состояний: запертом, когда сопротивление его очень велико (сотни килоом), и открытом, при ко-

тором сопротивление его незначительно (сотые доли ома). Эти свойства, а также высокий к.п.д., быстродействие, высокая надежность, постоянная готовность к работе и малые удельные габариты позволяют считать такие приборы наиболее перспективными коммутирующими устройствами.

Крайняя p -область тиристора называется анодом A , крайняя n -область — катодом K , средние области называются базой. К аноду подсоединяется положительный полюс источника тока, к катоду — отрицательный. Управляющий электрод Y подсоединяется к базе с p -проводимостью.

При отсутствии напряжения в цепи управления тиристор заперт. Для перевода его в открытое состояние в цепь управления подается импульс напряжения с полярностью, указанной на рис. 104. Напряжение, приложенное к цепи управления, питает потенциальный барьер эмиттерного перехода $P3$ и увеличивает ток из эмиттера n_2 через базу p_2 и переход $P2$. Приток дополнительного числа электронов через коллекторный переход в базу n_1 вызывает снижение потенциала в ней и, как следствие этого, увеличение диффузионного потока дырок через переход $P1$. Если ток в цепи управления равен или выше значения отпирающего тока, то тиристор переключается из запертого состояния в открытое.

После отпирания тиристора управляющий электрод теряет свои управляющие свойства, и тиристор может находиться в открытом состоянии до тех пор, пока прямой ток, проходящий через него, не станет ниже некоторого минимального тока, называемого током удержания.

Включение тиристорov с помощью управляющего электрода позволяет осуществить фазовое регулирование длительности протекания тока в рабочую часть периода переменного напряжения, прикладываемого к цепи анод — катод тиристора, и коммутировать большие мощности в анодной цепи путем воздействия управляющими сигналами малой мощности.

Для перевода тиристора в отключенное состояние необходимо снизить прямой анодный ток до значения меньшего тока удержания. При использовании тиристорov в цепях переменного тока запираение тиристора происходит автоматически в каждый период после приложения обратного напряжения.

В цепях постоянного тока для отключения тиристора используют схемы искусственного принудительного запираения тиристорov с помощью встречного напряжения.

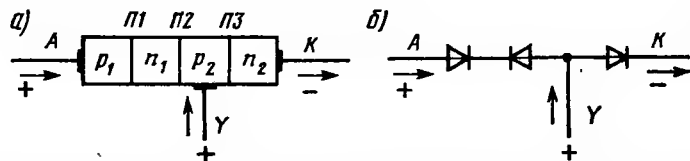


Рис. 104. Структура областей кристалла тиристора (а) и условное графическое обозначение его (б):

A — анод; K — катод; Y — управляющий электрод

Магнитным усилителем (МУ) называется *бесконтактный электромагнитный аппарат*, позволяющий плавно изменять переменный ток за счет изменения индуктивного сопротивления катушки с ферромагнитным сердечником. Магнитные усилители делятся на простые (без обратной связи), с обратной связью и релейные. Простой МУ включает в себя два сердечника из ферромагнитных материалов (рис. 105) и обмотки переменного и постоянного тока. Обмотки переменного тока принято называть рабочими обмотками $OP1$ и $OP2$, они имеют одинаковое число витков и включены встречно; обмотки постоянного тока — обмотками управления OY . Обмотка управления охватывает оба сердечника и получает питание от источника постоянного тока. Ток рабочей обмотки является выходным сигналом. Питание рабочей цепи производится от источника переменного тока. Принцип действия МУ основан на использовании свойства насыщения ферромагнитного сердечника. Уровнем насыщения сердечника можно управлять, изменяя подмагничивание его постоянным током I_y . При этом будут изменяться выходные параметры: ток I_p и напряжение U_p . Ток рабочей обмотки определяется по закону Ома для цепи переменного тока

$$I_p = U / \sqrt{X_p^2 + R^2},$$

где R — активное сопротивление рабочей цепи, включая нагрузку; X_p — индуктивное сопротивление рабочей обмотки.

Наличие индуктивного сопротивления в обмотке обуславливается э.д.с. самоиндукции e_L . Эта э.д.с. всегда индуктируется в витках обмотки под действием изменяющегося магнитного потока, вызванного переменным током. Направлена э.д.с. самоиндукции всегда так, чтобы препятствовать изменению тока. Электродвижущая сила самоиндукции тем больше, чем больше скорость изменения тока в витках или пронизывающего их магнитного потока. Эта скорость зависит от частоты переменного тока f .

Кроме этого, на значение э.д.с. самоиндукции влияют число витков, геометрические размеры и материал сердечника. Это влияние характеризуется индуктивностью L :

$$L = \mu_a \frac{w_p^2 S_c}{l_c},$$

где μ_a — абсолютная магнитная проницаемость, Гн/м; w_p — число витков рабочей обмотки; S_c — площадь поперечного сечения сердечника, м²; l_c — средняя длина пути магнитного потока в сердечнике, м.

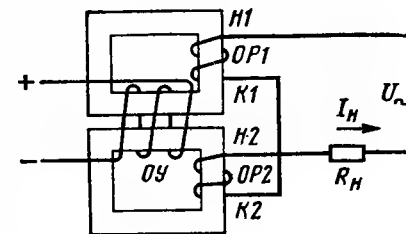


Рис. 105. Схема простого магнитного усилителя:

OY — обмотка управления; $OP1$ и $OP2$ — рабочие обмотки; R_n — резистор в цепи рабочих обмоток; $U_{\sim}$ — напряжение питания; I_n — ток в цепи рабочих обмоток

Число витков, площадь поперечного сечения и средняя длина пути магнитного потока для каждого типа МУ являются постоянными, и только магнитная проницаемость μ_a имеет переменные значения. Следовательно, индуктивность обмотки, а значит, и индуктивное сопротивление (при неизменной частоте f) определяются магнитной проницаемостью сердечника. Абсолютная магнитная проницаемость μ_a характеризует магнитные свойства среды, т. е. различную способность создавать магнитный поток. Магнитная проницаемость вакуума μ_0 называется *магнитной постоянной*. Магнитная проницаемость материала μ — безразмерная величина, показывающая во сколько раз абсолютная магнитная проницаемость данного материала μ_a больше магнитной постоянной μ_0 , т. е. $\mu = \mu_a/\mu_0$. Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов (железа, никеля, кобальта и их сплавов) в тысячи раз больше магнитной проницаемости вакуума.

При увеличении тока управления I_y увеличивается напряженность магнитного поля H и уменьшается магнитная проницаемость μ , а следовательно, и абсолютная проницаемость μ_a . Это приводит к уменьшению индуктивности L и индуктивного сопротивления X_L и увеличению рабочего тока.

Когда ток управления равен нулю, сердечник МУ ненамагничен и его рабочие обмотки имеют большое индуктивное сопротивление, поэтому рабочий ток будет мал, его называют *током холодного хода* МУ. При увеличении тока управления происходит подмагничивание сердечника, и рабочий ток МУ увеличивается. Средняя часть характеристики управления МУ (рис. 106) близка к прямой, поэтому при небольшом изменении тока управления происходит резкое изменение рабочего тока.

Увеличивая подмагничивание сердечника постоянным током, можно довести его до состояния насыщения, при котором магнитная проницаемость, а следовательно, и индуктивное сопротивление рабочих обмоток X_p будут незначительными. В это время ток в рабочей цепи будет наибольшим и определяется только ее активным сопротивлением.

Две рабочие обмотки МУ имеют равное число витков и включены встречно для того, чтобы э.д.с. от рабочих обмоток друг друга компенсировали.

Основными параметрами МУ являются коэффициенты усиления тока и мощности. Коэффициент усиления тока есть отношение изменения рабочего тока к соответствующему изменению тока управления.

Коэффициент усиления мощности есть отношение выходной мощности рабочего тока к мощности, потребляемой обмотками управления.

Магнитный усилитель с обратной связью. Эти усилители применяются для получения больших значений коэффициентов усиления по мощности. Обратной связью называется воздействие управляемой величины на вход системы управления. В МУ обратной связью (ОС) является использование выходного выпрямленного

Рис. 106. Характеристика управления простого магнитного усилителя:

I_y — ток управления; ΣF_y — м.д.с. управления; I_p — рабочий ток; I_{xx} — ток холодного хода

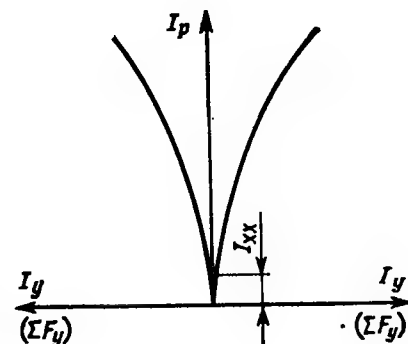
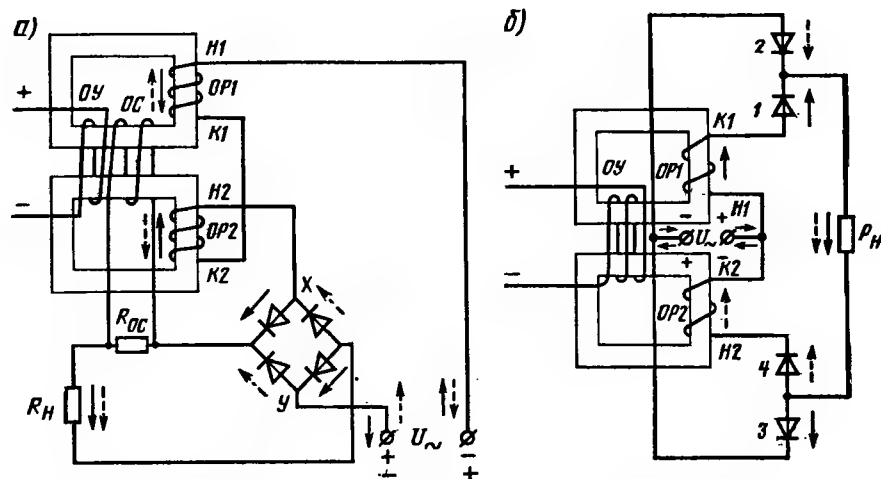


Рис. 107. Схема магнитного усилителя с выходом на постоянном токе:

а — с внешней обратной связью; *б* — с внутренней обратной связью; ОУ — обмотка управления; ОП1 и ОП2 — рабочие обмотки; ОС — обмотка обратной связи; R_n — резистор нагрузки; R_{oc} — резистор обратной связи; U — напряжение питания рабочих обмоток



тока рабочих обмоток I_p для его подмагничивания. Если подмагничивание током I_p усиливает подмагничивающее действие обмотки управления, то такую обратную связь принято называть *положительной*. Если действие тока ослабляет действие обмотки управления, то такая обратная связь называется *отрицательной*. Повышению коэффициента усиления способствует только *положительная* обратная связь. По техническому исполнению ОС различают МУ с внешней, внутренней и смежной обратной связью.

Внешняя обратная связь выполняется при помощи отдельной обмотки. В зависимости от способа включения обмотки ОС различают схемы МУ с обратной связью по току и напряжению. Действие внешней обратной связи можно изменять при помощи резистора с переменным сопротивлением.

Внутренняя ОС осуществляется действием выпрямленного выходного тока, протекающего по рабочим обмоткам. В этом случае рабочие обмотки соединяются с двухполупериодным мостовым выпрямителем. При такой схеме усилителя в каждой рабочей обмотке

ке ток проходит только в одном направлении (рис. 107). Создаваемый при этом в каждом сердечнике магнитный поток будет складываться с магнитным потоком обмотки управления, усиливая подмагничивание сердечника. В результате получается двойное последовательное усиление: подав в обмотку управления входной сигнал малой мощности, получим на выходе МУ выходной сигнал большей мощности. Этот возросший выходной ток в рабочих обмотках вызывает дополнительное подмагничивание сердечника, сопровождаемое еще большим возрастанием выходного сигнала. Магнитный усилитель с внутренней обратной связью называют магнитным усилителем с самоподмагничиванием (с самонасыщением). Магнитный усилитель с самоподмагничиванием и выходом постоянного тока называют амплистатом.

Контрольные вопросы

1. Основные элементы бесконтактных аппаратов.
2. Устройство и принцип работы стабилитрона.
3. Устройство и принцип работы транзистора.
4. Устройство и принцип работы тиристора.
5. Принцип работы простейшего магнитного усилителя.
6. Принцип работы магнитного усилителя с обратной связью.

6.2. БЕСКОНТАКТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Регулятор БРН-3В установлен на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, ТЭМ2. Он служит для поддержания напряжения вспомогательного генератора в пределах 75 ± 1 В. Регулятор напряжения

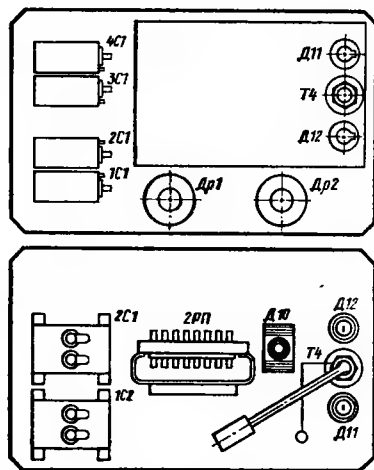


Рис. 108. Панель левая регулятора напряжения БРН-3В

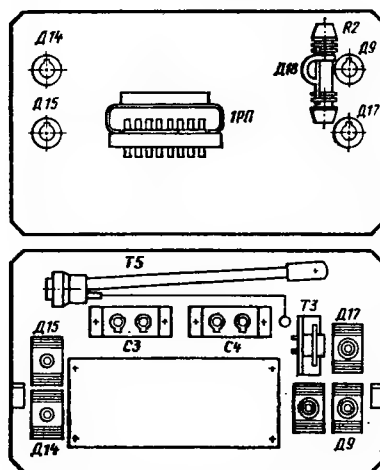


Рис. 109. Панель правая регулятора напряжения БРН-3В

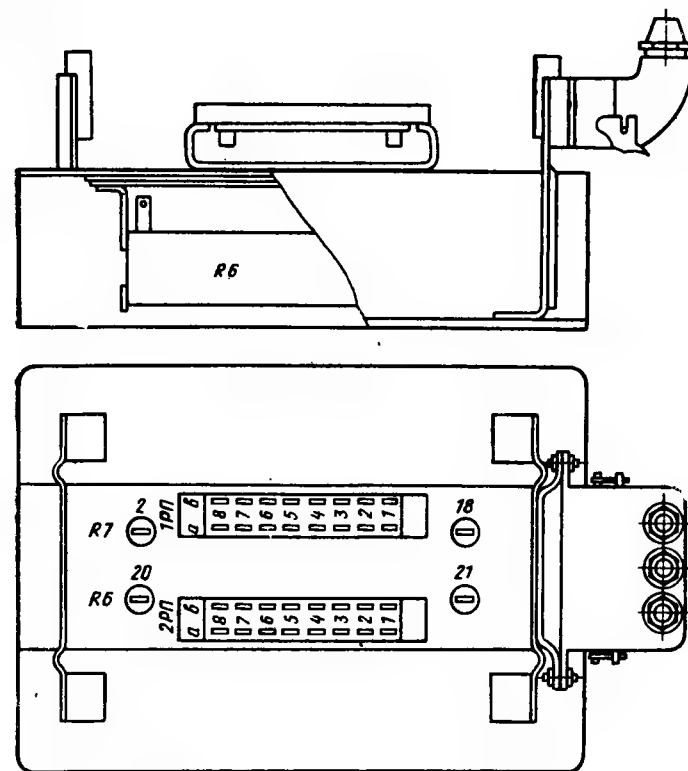


Рис. 110. Основание регулятора напряжения БРН-3В

имеет блочную конструкцию, состоящую из основания, левой и правой панелей. Закрыт регулятор металлическим кожухом, имеющим вентиляционные отверстия. В кожухе регулятора имеется отверстие, через которое осуществляется корректировка напряжения потенциометром $R2$.

На левой панели (рис. 108) смонтированы силовые элементы: тиристор $T4$, конденсаторы $C1$, $C2$, диоды $D10$ — $D12$, дроссели $Dp1$, $Dp2$. На правой панели (рис. 109) смонтированы элементы измерительного органа (на печатной плате), транзистор $T3$, стабилитрон $T5$, резистор $R2$, конденсаторы $C3$, $C4$, диоды $D9$, $D14$, $D15$, $D17$, $D18$.

На основании (рис. 110) смонтированы резисторы $R6$, $R7$, переходные разъемы, с помощью которых левая и правая панели соединяются с остальными элементами регулятора и между собой и разъемом, которым регулятор соединяется с электрической цепью тепловоза. По функциональному назначению в регуляторе условно можно выделить измерительный и регулирующий органы.

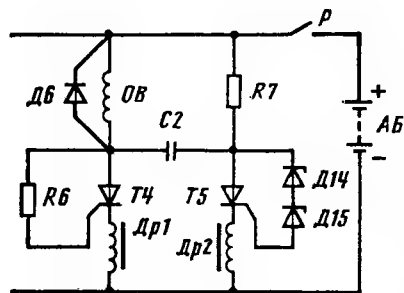


Рис. 111. Схема мультивибратора регулятора напряжения БРН-3В

нием между зажимом Я2 и движком потенциометра R2, изменяющимся с изменением напряжения вспомогательного генератора.

Стабилитроны Д4, Д5 (см. рис. 112) используются в качестве термокомпенсатора. Потенциометр R2 служит для настройки регулятора на заданное напряжение, диод Д7 — для уменьшения тока утечки транзистора Т1, диоды Д1 и Д2 — для защиты переходов транзистора Т1 от обратных напряжений в моменты коммутации, а конденсатор С1 — для сглаживания пульсаций напряжения вспомогательного генератора на входе измерительного органа.

Регулирующий орган предназначен для регулирования длительности протекания тока в обмотке возбуждения вспомогательного генератора в зависимости от величины напряжения. Регулирующий орган состоит из тиристоров Т4 и Т5, диодов Д8—Д16, резисторов R6—R9, стабилитронов Д14—Д15, дросселей Др1 и Др2 и конденсаторов С2—С4 (см. рис. 112). Регулирующий орган представляет собой мультивибратор (рис. 111), собранный на двух транзисторах Т4 и Т5. Элементом управления служит резистор R6, обеспечивающий открытие тиристора Т4. После включения рубильника Р подается отпирающий положительный импульс на управляющий электрод тиристора Т4 через обмотку возбуждения ОВ и резистор R6, тиристор Т4 открывается, в результате потечет ток по цепям: плюс аккумуляторной батареи АБ, рубильник Р, обмотка возбуждения ОВ, тиристор Т4, дроссель Др1, «минус» аккумуляторной батареи АБ.

По мере накопления заряда напряжение на конденсаторе С2 возрастает и достигает значения, при котором пробиваются стабилитроны Д14 и Д15. В результате пробоя стабилитронов Д14 и Д15 подается положительный отпирающий импульс на управляющий электрод тиристора Т5, тиристор Т5 открывается.

Заряженный положительно конденсатор С2 начинает разряжаться через открывшийся стабилитрон Т5 и еще открытый тиристор Т4. Этот разряд конденсатора закрывает тиристор Т4 путем подачи напряжения обратной полярности (положительный потенциал правой обкладки конденсатора С2 прикладывается к катоду

Измерительный орган предназначен для измерения отклонения напряжения вспомогательного генератора выше установленного значения. Измерительный орган состоит из стабилитронов Д3 (Д6), Д4, Д5, транзисторов Т1, Т2, Т3, диодов Д1, Д2, Д7, резисторов R1', R1; R3, R4, R5, потенциометра R2 и конденсатора С1 (см. рис. 112). Измерительный орган собран по мостовой схеме, в которой стабилизированное напряжение на стабилитроне Д3 (Д6) сравнивается с напряжением

тиристора Т4; левая отрицательно заряженная обкладка соединена с анодом тиристора Т4).

После запираания тиристора Т4 ток в обмотке ОВ уменьшается, и происходит перезарядка конденсатора С2 через обмотку ОВ и открытый тиристор Т5. При этом потенциал анода тиристора Т4 и ток управления тиристором Т4 растут, и при достижении установленного значения тиристор Т4 откроется, а тиристор Т5 закроется за счет разряда конденсатора С2. В результате возникает устойчивый режим автоколебаний с частотой f , которая определяется R7 и С2. Периодическое запираение тиристора Т4 в режиме автоколебаний позволяет осуществлять периодическое отключение нагрузки.

Работа регулятора напряжения после запуска дизеля (рис. 112). После запуска дизеля напряжение вспомогательного генератора растет пропорционально частоте вращения якоря, поэтому между движком потенциометра R2 и зажимом Я2 появится напряжение, пропорциональное напряжению вспомогательного генератора $U_{вг}$. При этом к управляющему переходу транзистора Т1 приложена разность потенциалов между движком потенциометра R2 и анодом стабилитрона Д3. Когда напряжение вспомогательного генератора $U_{вг}$ достигнет 75 В, произойдет пробой стабилитрона Д3, его сопротивление резко упадет, что приведет к открытию транзистора Т1, а следовательно, и транзисторов Т2 и Т3, включенных по схеме составного транзистора. После открытия транзистора Т3 им шунтируется переход «Управляющий электрод-катод» тиристора Т4.

В результате этого и наличия стабилитрона Д17 ток управления тиристора Т4 станет близким к нулю, а поэтому после очередного закрытия тиристора Т4 он не откроется при увеличении потенци-

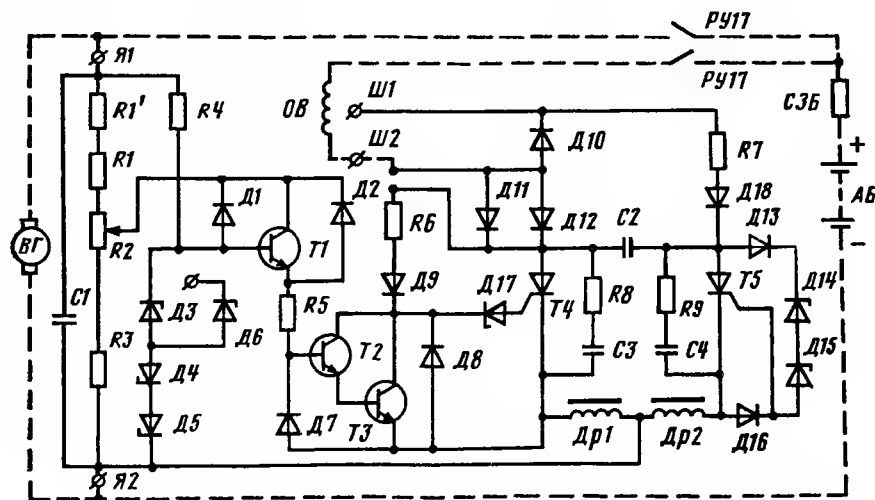
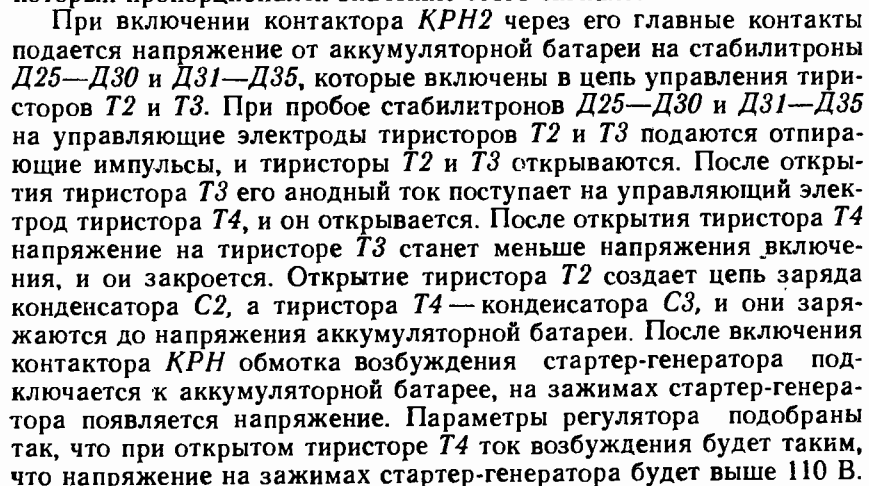


Рис. 112. Принципиальная схема регулятора напряжения БРН-3В

На тиристорах $T1$ и $T2$ собран вспомогательный мультивибра-



При напряжении на зажимах стартер-генератора выше 110 В произойдет пробой стабилитронов $D21—D24$ в цепи управляющего электрода тиристора $T1$, что вызовет его открытие. После открытия тиристора $T1$ напряжение конденсатора $C3$ оказывается приложенным к тиристору $T4$ в обратном направлении, что вызовет закрытие тиристора $T4$. Одновременно через открытый тиристор $T1$ напряжение конденсатора $C2$ закроет тиристор $T2$. После разрядки конденсатор $C2$ начнет заряжаться по цепи: резисторы $R6, R7$ и открытый тиристор $T1$. При достижении значения напряжения на конденсаторе $C2$, достаточного для пробоя стабилитронов $D25—D30$, они пробиваются, и конденсатор $C2$, разряжаясь, закроет тиристор $T1$ и одновременно откроет тиристор $T2$. После очередной зарядки конденсатора $C2$ откроется тиристор $T1$ и т. д. Таким образом, во вспомогательном мультивибраторе возникают автоколебания. После закрытия тиристора $T4$ в обмотке возбуждения возникает э.д.с. самоиндукции, препятствующая уменьшению тока возбуждения. Влияние э.д.с. самоиндукции снижается благодаря тому, что обмотка стартер-генератора зашунтирована диодом $D8$. Уменьшение тока возбуждения приводит к снижению напряжения на зажимах стартер-генератора. Когда оно станет ниже 110 В, то будет недостаточным для пробоя стабилитронов $D21—D24$, и тиристор $T1$ будет закрыт. Автоколебания вспомогательного мультивибратора прекратятся, а тиристор $T2$ будет открыт, и через него будет создаваться цепь зарядки конденсатора $C2$. Благодаря диоду $D2$ в процессе заряда конденсатора $C2$ потенциал зажима 3 становится выше потенциала измерительного органа, и при достижении определенного значения будут пробиты стабилитроны $D31—D35$. Пробой стабилитронов $D31—D35$ вызывает открытие тиристора $T3$, а открытие тиристора $T3$ приводит к открытию тиристора $T4$. После открытия тиристора $T4$ ток возбуждения стартер-генератора увеличивается, что приводит к увеличению напряжения на зажимах стартер-генератора. Когда напряжение станет выше 110 В, процесс регулирования повторится.

Таким образом, при установившемся напряжении стартер-генератора возникает устойчивый автоколебательный режим мультивибратора на тиристорах $T1$ и $T3—T4$ с частотой колебаний f , определяемой параметрами цепи возбуждения стартер-генератора и регулятора напряжения. Среднее значение тока возбуждения стартер-генератора зависит от длительности закрытого и открытого состояний тиристора $T4$. Чем больше времени открыт тиристор $T4$, тем больше ток возбуждения. С увеличением частоты вращения стартер-генератора длительность открытия тиристора $T4$ уменьшается, уменьшается и среднее значение тока возбуждения.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика бесконтактного регулятора напряжения БРН-3В (РНТ-6).
2. Назначение и принцип работы измерительного органа регулятора напряжения БРН-3В (РНТ-6).

3. Назначение и принцип работы регулирующего органа регулятора напряжения БРН-3В (РНТ-6).

4. Работа регулятора БРН-3 (РНТ-6) при увеличении напряжения вспомогательного генератора (стартер-генератора).

5. Работа регулятора напряжения БРН-3В (РНТ-6) при уменьшении напряжения вспомогательного генератора (стартер-генератора).

6. Работа регулятора напряжения БРН-3В (РНТ-6) при установившемся значении напряжения вспомогательного генератора (стартер-генератора).

6.3. АМПЛИСТАТ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Амплистат возбуждения регулирует ток возбуждения тягового генератора в зависимости от тока нагрузки и напряжения тягового генератора, частоты его вращения и мощности дизель-генераторной установки.

Техническая характеристика амплистата возбуждения типа АВ-3А

Частота питания, Гц	133
Напряжение питания (эффективное), В	60
Напряжение максимального выхода (при токе задающей обмотки 0,1 А) не менее, В	30
Ток длительного режима, А	8,5
Ток минимального выхода (при токе задающей обмотки 0,1 А) не более, А	0,6
Сопrotивление нагрузки, Ом	6
Масса, кг	12

Амплистат АВ-3А (рис. 114) представляет собой МУ с внутренней обратной связью и питанием от источника переменного тока с выходом на постоянном токе. Сердечник амплистата набран из П-образных с уширенным ярмом пластин холоднокатаной электро-технической стали и стягивается угольниками. На каждом сердечнике располагается по одной рабочей обмотке. Четыре обмотки подмагничивания: управляющая ОУ, задающая ОЗ, регулировочная ОР и стабилизирующая ОС охватывают оба магнитных сердечника. Катушки залиты эпоксидным компаундом.

Задающая обмотка ОЗ получает питание от бесконтактного тахометрического блока и создает основную положительную магнитодвижущую силу (м.д.с.). Таким образом, м.д.с. обмотки ОЗ пропорциональна частоте вращения вала дизель-генератора и бла-

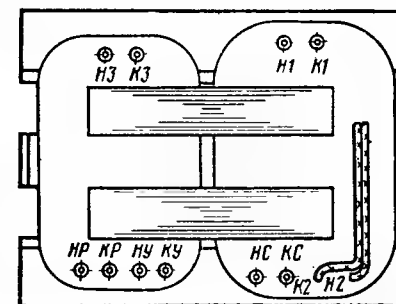


Рис. 114. Амплистат возбуждения типа АВ-3А:

$H1, K1, H2, K2$ — начало и конец рабочих обмоток; HC и KC — начало и конец стабилизирующей обмотки; $HЗ$ и $KЗ$ — начало и конец задающей обмотки; HP и KP — начало и конец регулировочной обмотки; $HУ$ и $KУ$ — начало и конец управляющей обмотки

годаря этому осуществляется автоматическое управление тяговым генератором по частоте вращения.

Управляющая обмотка *ОУ* получает питание через селективный узел от цепей рабочих обмоток трансформаторов постоянного тока ТПТ и постоянного напряжения ТПН. Ток в ней зависит от тока и напряжения тягового генератора. С помощью этой обмотки осуществляется автоматическое управление тяговым генератором по току и напряжению.

Регулировочная обмотка *ОР* служит для дополнительного автоматического управления дизель-генератором по мощности.

Магнитодвижущая сила обмотки $F_{ор}$ направлена согласно м.д.с. задающей обмотки. В цепь регулировочной обмотки включен индуктивный датчик, который управляется объединенным регулятором. Ток в регулировочной обмотке обратно пропорционален нагрузке дизеля.

В стабилизирующей обмотке *ОС* ток протекает от стабилизирующего трансформатора только при переходных процессах, например при изменении позиций контроллера. Магнитодвижущая сила этой обмотки $F_{ос}$ увеличивает или уменьшает подмагничивание амплитата, осуществляя гибкую обратную связь по напряжению возбудителя.

Контрольные вопросы

1. Назначение и техническая характеристика амплитата АВ-3.
2. Назначение обмоток амплитата.

6.4. ТРАНСФОРМАТОРЫ

На тепловозах трансформаторы служат для измерения тока и напряжения, а также для питания различных цепей. По назначению их можно разделить на измерительные, распределительные и стабилизирующие.

Трансформаторы постоянного тока (ТПТ) служат для измерения тока тяговых электродвигателей и подачи на управляющую обмотку амплитата сигнала, пропорционального току тягового генератора.

Принцип работы трансформатора постоянного тока такой же, как и магнитного усилителя без обратной связи. Индуктивное сопротивление рабочих обмоток изменяется под влиянием подмагничивания обмотки управления (на тепловозах управляющей обмоткой являются силовые кабели, по которым протекает ток тяговых электродвигателей). При увеличении тока тяговых электродвигателей степень насыщения сердечников увеличивается, индуктивное сопротивление рабочей обмотки уменьшается, а ток в рабочей цепи трансформатора увеличивается, т. е. ток в рабочей цепи трансформатора постоянного тока пропорционален току тяговых электродвигателей.

Таблица 28

Параметры	ТПТ-10	ТПН-13А	ТПН-4
Максимальное измеряемое напряжение, В	—	750	750
Максимальный измеряемый ток, А	2390	—	—
Напряжение питания рабочей цепи, В	15—50	30	55
Частота питания рабочей цепи, Гц	45—133	133	200
Ток длительного режима рабочей цепи, А	2,57	2,5	1,1
Ток длительного режима цепи управления, А	—	1,6	0,71
Сопротивление нагрузки, Ом	6	5	28
Сопротивление цепи управления, Ом	—	500	1050

Трансформаторы ТПТ-23 и ТПТ-24 от трансформатора ТПТ-10 отличаются тем, что для снижения влияния помех, создаваемых посторонними силовыми кабелями и стальными массами, рабочая обмотка у них выполнена из четырех секций, соединенных между собой параллельно.

Характеристики применяемых на тепловозах трансформаторов постоянного тока ТПТ представлены в табл. 28, табл. 29.

Трансформаторы постоянного напряжения (ТПН) служат для измерения напряжения тягового генератора. Техническая характеристика ТПН, применяемых на тепловозах, дана в табл. 28. Трансформатор постоянного напряжения ТПН состоит из двух тороидальных сердечников, на каждом из них намотана рабочая обмотка.

Трансформатор ТПТ состоит из двух тороидальных сердечников из железоникелевого сплава, на каждом из которых намотана рабочая обмотка. Рабочие обмотки соединены между собой встречно. Управляющей обмоткой служат силовые кабели, пропущенные через центральное отверстие трансформатора. Сердечники трансформатора с обмотками и шпильками залиты эпоксидным компаундом. Рабочие обмотки соединены встречно. Управляющая обмотка намотана на оба сердечника. Обмотки, сердечники и шпильки залиты эпоксидным компаундом.

Таблица 29

Параметры	ТПТ-23	ТПТ-24
Номинальный первичный ток, А	1000	2000
Диапазон измерения тока, А	250—1300	750—2700
Номинальный коэффициент трансформации	800	1600
Номинальное напряжение питания, В	110	110
Частота питания рабочей цепи, Гц	200	200
Сопротивление нагрузки активное, Ом	25	25
Погрешность измерения, %	±2,5	±2,5

Принцип работы трансформатора постоянного напряжения основан на изменении индуктивного сопротивления рабочих обмоток под влиянием подмагничивания обмотки управления. При увеличении напряжения тягового генератора степень насыщения сердечников увеличивается, индуктивное сопротивление рабочих обмоток уменьшается, а ток в рабочих обмотках увеличивается. Следовательно, ток в рабочей цепи трансформатора постоянного напряжения пропорционален напряжению тягового генератора.

Распределительные трансформаторы предназначены для преобразования и распределения переменного напряжения и питания различных цепей. На тепловозах 2ТЭ10Л для этих цепей применены трансформаторы ТР-5, на тепловозах 2ТЭ116 — ТР-4 и ТР-70 или ТР-21 и ТР-26, на тепловозах 2ТЭ10М — ТР-23.

Трансформаторы ТР-4, ТР-5, ТР-70 представляют собой трансформаторы бронзового типа и состоят из магнитопровода и катушек. Магнитопровод намотан из листов электротехнической стали, стянутых шпильками и угольниками. Катушка имеет пять обмоток: одну первичную и четыре вторичные. Катушка бескаркасная, залита эпоксидным компаундом и закрыта кожухом. Выводы обмоток расположены на двух пластмассовых панелях. Технические данные этих трансформаторов представлены в табл. 30.

Трансформаторы ТР-20 (ТР-21, ТР-23, ТР-26) состоят из сердечника, намотанного в кольцо из ленты электротехнической стали, и обмоток, расположенных на сердечнике. Концы обмоток припаяны к выводам, укрепленным на изолированной панели. Сердечник обмотки и панель залиты компаундом на основе эпоксидной смолы. Технические данные этих трансформаторов приведены в табл. 31.

Таблица 30

Трансформатор	Обмотка	Маркировка зажимов	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А
ТР-4	Первичная Вторичные	H1—K1	270	5,0
		H2—K2	35±2,5%	2,6
		H3—K3	55±2,5%	1,5
		H4—K4	75±2,5%	3,1
		H5—K5	55±2,5%	1,5
ТР-5	Первичные	H1—K1	100	11
		H1—O1	60±2	8,5
		H1—O2	50±2	8,5
	Вторичные	H2—K2	50±2	2,1
		H3—K3	50±2	2,1
		H4—K4	50±2	2,1
		H5—K5	30±2	3,0
ТР-70	Первичные	H1—K1	270	5,0
		H1—O1	110±2,5%	5,0
	Вторичные	H2—K2	110±2,5%	2,6
		H3—K3	110±2,5%	2,6
		H4—K4	110±2,5%	2,6
		H5—K5	55±2,5%	1,5

Таблица 31

Трансформатор	Обмотка	Маркировка обмотки	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А
ТР-21	Первичная Вторичные	1—2	270	4,0
		3—4	110	0,5
		5—6	110	2,6
		7—8	110	2,6
		9—10	110	2,6
		11—12	55	1,5
ТР-23	Первичные	1—4	150	7,3
		1—2	75	1,1
		1—3	90	5,6
	Вторичные	2—3	15	1,0
		5—6	47,3	2,0
		7—8	90	1,1
		9—10	90	1,1
		11—12	90	1,1
ТР-26	Первичная Вторичные	1—2	270	2,5
		3—5	36	2,7
		3—4	20	—
		7—8	55	2,7
		9—10	55	2,7
		11—12	71	3,3

Трансформатор стабилизирующий ТС-2 улучшает динамические характеристики системы возбуждения тепловоза. Магнитопровод стабилизирующего трансформатора набран из П-образных пластин и полос электротехнической стали. На магнитопроводе расположена катушка с первичной и вторичной обмотками, выводы которых размещены на пластмассовых панелях. Конструкция трансформатора предусматривает возможность регулировки воздушного зазора между ярмом и сердечником при помощи немагнитных прокладок из прессшпана.

Первичная обмотка через резистор включена на напряжение возбуждателя, а от вторичной получает питание стабилизирующая обмотка амплитата. Стабилизирующий трансформатор подает пи-

Таблица 32

Назначение обмотки	Маркировка выводов	Число витков	Марка провода	Напряжение для проверки коэффициента трансформации (при частоте 50 Гц), В
Первичная Вторичная	H1—K1 H2—K2	1900 1000	ПЭВ-2 ПЭВ-2	60 28±3

тание на стабилизирующую обмотку амплитата только при переходных процессах. Так, при быстром нарастании напряжения возбудителя в амплитат подается отрицательный сигнал, и скорость нарастания напряжения уменьшается. При резком снижении напряжения возбудителя в амплитат подается положительный сигнал, и скорость снижения напряжения уменьшается. Техническая характеристика трансформатора ТС-2 представлена в табл. 32.

Контрольные вопросы

1. Назначение, устройство и принцип работы трансформатора постоянного тока.
2. Назначение, устройство и принцип работы трансформатора постоянного напряжения.
3. Назначение и устройство распределительных трансформаторов ТР-4, ТР-5, ТР-70.
4. Назначение и устройство распределительных трансформаторов ТР-20 (ТР-21, ТР-23, ТР-26).
5. Назначение и устройство стабилизирующего трансформатора ТС-2.

6.5. БЕСКОНТАКТНЫЙ ТАХОМЕТРИЧЕСКИЙ БЛОК

Бесконтактный тахометрический блок служит для получения выходных напряжений, пропорциональных частоте вращения коленчатого вала дизеля. На тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10М устанавливаются бесконтактные тахометрические блоки БА-420, а на тепловозах 2ТЭ116 — БА-430. Технические данные тахометрических блоков даны в табл. 33.

Конструктивно оба блока идентичны и состоят (рис. 115) из насыщающегося трансформатора *Tr1*, компенсирующего трансформатора *Tr2*, выпрямительного моста *B*, сглаживающего фильтра и резистора *R*, размещенных в металлическом корпусе. Насыщающийся трансформатор имеет кольцевой сердечник из пермаллоя, компенсирующий — кольцевой сердечник из альсифера. Обмотки трансформаторов залиты эпоксидным компаундом. Выпрямительный мост состоит из четырех кремниевых диодов, закрепленных в алюминиевых радиаторах. Сглаживающий фильтр состоит из дрос-

Таблица 33

Параметры	БА-420	БА-430
Напряжение питания (эффективное), В	31—110	250
Частота, Гц	50—133	55—250
Сопrotивление нагрузки, Ом:		
наибольшее	30	550
наименьшее	14,5	60

селя на Ш-образном сердечнике и электролитического конденсатора *C*.

Электрическая схема блока представлена на рис. 115.

Входное напряжение от синхронного подвозбудителя через резистор *R1* подается на последовательно включенные первичные обмотки насыщающегося и компенсирующего трансформаторов *Tr1* и *Tr2*. Частота питающего напряжения пропорциональна частоте вращения вала дизеля. В определенные моменты времени входное напряжение насыщает сердечник трансформатора *Tr1*, после чего изменение индукции в нем определяется изменением намагничивающегося тока в первичной обмотке *Tr1*.

В следующий полупериод, когда входное напряжение меняет знак, сердечник трансформатора *Tr1* выходит из зоны насыщения и начинает перемагничиваться в противоположном направлении. При этом скорость изменения индукции определяется мгновенным значением приложенного напряжения и практически не зависит от напряжения питания. Поскольку в течение каждого полупериода питающего напряжения индукция в сердечнике изменяется примерно на $2B_s$ (B_s — индукция насыщения), то можно считать, что среднее напряжение на вторичных обмотках трансформатора *Tr1* зависит от частоты и не зависит от напряжения питания.

В то же время изменение индукции сердечника после его насыщения, обусловленное неидеальностью петли гистерезиса, вносит погрешность в измерение частоты. Для повышения точности измерения частоты применен компенсирующий трансформатор *Tr2*, у которого по первичной обмотке протекает намагничивающий ток *Tr1*, а вторичная обмотка *H22—K22* включена встречно со вторичной обмоткой *Tr1* и ее э.д.с. компенсирует ту часть э.д.с. вторичной обмотки, которая обусловлена изменением намагничивающегося тока при насыщении сердечника. Выходное напряжение трансформатора *Tr1* на вторичной обмотке *H13—K13* используется для питания индуктивного датчика мощности.

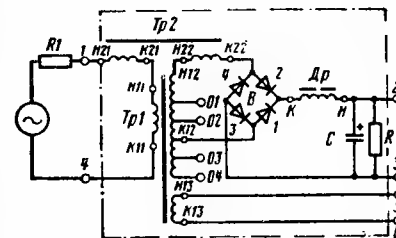


Рис. 115. Схема соединений блоков БА-430

Контрольные вопросы

1. Назначение тахометрического блока и его техническая характеристика.
2. Устройство тахометрического блока.
3. Принцип работы тахометрического блока.

6.6. ИНДУКТИВНЫЙ ДАТЧИК

Индуктивный датчик служит для изменения тока в регулирующей обмотке амплитата. На тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В применен индуктивный датчик ИД-10, на тепловозах 2ТЭ10М — ИД-31,

Тип	Напряжение (синусо- идальное) на катушке датчика, В	Часто- та, Гц	Длительный ток, А	Полное сопротив- ление, Ом		Максималь- ный ход якоря, мм
				макс- имальное	мин- имальное	
ИД-10	10	133	1,8	70	55	65
ИД-20	17	220	0,26	550	65	65
ИД-31	10	165	1,6	70	6,2	65
ИД-32	17	220	0,26	550	6,5	65

на тепловозах 2ТЭ116 — ИД-20 или ИД-32. Техническая характеристика индуктивных датчиков приведена в табл. 34.

Индуктивный датчик (рис. 116) состоит из магнитопровода, образованного корпусом 1 и фланцами 4, и якоря 5. В магнитопровод помещена катушка 2, намотанная на прессованный каркас. Выводы катушки припаяны к контактам штепсельного разъема 6. Якорь 5 соединен со штоком сервомотора объединенного регулятора дизеля. При увеличении нагрузки дизеля поршень сервомотора объединенного регулятора перемещается так, что якорь индуктивного датчика вдвигается в катушку. В результате полное сопротивление индуктивного датчика увеличивается, и ток в цепи регулировочной обмотки амплистата уменьшается. При уменьшении нагрузки дизеля поршень сервомотора объединенного регулятора перемещается так, что якорь индуктивного датчика выдвигается из катушки. В результате полное сопротивление индуктивного датчика уменьшается, и ток в цепи регулировочной обмотки амплистата увеличивается.

В связи с тем что индуктивное сопротивление катушки датчика намного больше активного, ток в регулировочной обмотке не зависит от позиции контроллера, а зависит только от положения якоря в катушке.

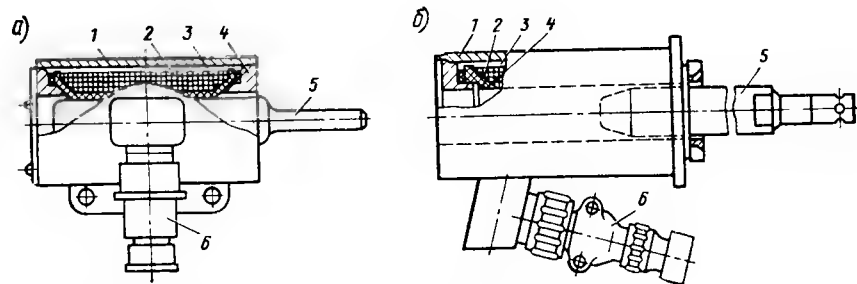


Рис. 116. Датчики индуктивные ИД-20 (а) и ИД-32 (б):

1 — корпус; 2 — катушка; 3 — заливной компаунд; 4 — фланец; 5 — якорь; 6 — штепсельный разъем

1. Назначение и устройство индуктивного датчика.
2. Принцип работы индуктивного датчика.

6.7. ПАНЕЛИ И БЛОКИ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Аппараты этой группы используются в схеме электропередачи как выпрямительные мосты, стабилизирующие цепочки, сглаживающие фильтры и т. д.

Блок выпрямителей кремниевых типа БВК-450 применен на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ10М. Блок (рис. 117) состоит из изоляционной панели 1, на которой установлены радиаторы 3 с закрепленными на них полупроводниковыми диодами 2. Панель с находящимися на ней элементами прикреплена к уголкам съемной кассеты 4, вставленной в корпус 5. Выводы от полупроводниковых диодов выполнены проводами, которые припаяны к контактам колодки штепсельного разъема 8.

Техническая характеристика блока БВК-450 приведена в табл. 35.

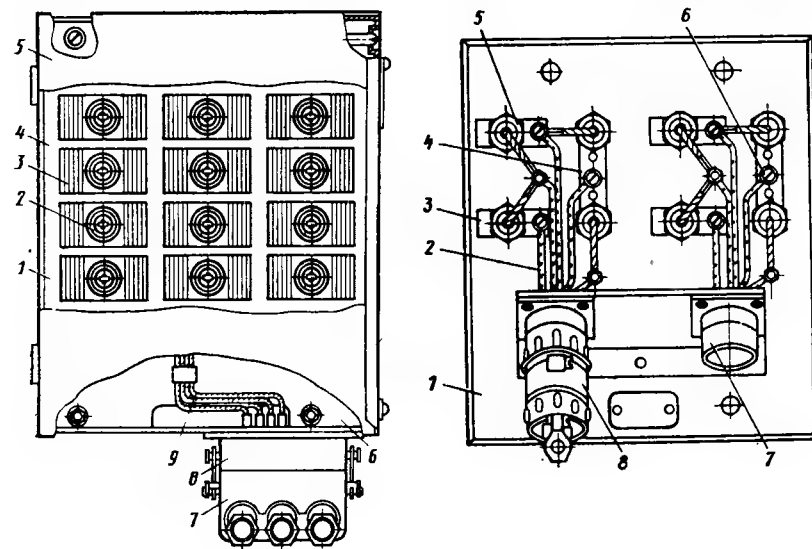


Рис. 117

Рис. 118

Рис. 117. Блок выпрямителей кремниевых типа БВК-450:

1 — панель изоляционная; 2 — диод; 3 — радиатор; 4 — кассета; 5 — корпус; 6 — блок; 7 — вставка штепсельного разъема; 8 — колодка штепсельного разъема; 9 — соединительные провода

Рис. 118. Панель выпрямителей кремниевых типа ПВК-6040:

1 — панель изоляционная; 2 — выводные провода; 3, 4 — контактные планки; 5 — вентиль кремниевый; 6 — винт; 7 — колодка штепсельного разъема; 8 — вставка штепсельного разъема

Таблица 35

Тип	Обозначение моста	Тип диодов	Ток выхода, А	Обратное напряжение, В	Охлаждение
БВК-450	В1—В3 В4 В5 В6 В7	Д-231	4 3 2 4 2	70	Естественное
ПВК-6040	—	ВК-10-1А	10	80	Естественное

Панель выпрямителей кремниевых ПВК-6040 (рис. 118) установлена на тепловозах 2ТЭ10Л. Она состоит из двух выпрямительных мостов, один из которых предназначен для создания положительной обратной связи и выпрямления выходного тока амплитата возбуждения, питающего обмотку возбуждения возбудителя тягового генератора; второй — для выпрямления входного тока, питающего регулировочную обмотку амплитата возбуждения. Выпрямительные мосты панели одинаковы и состоят из кремниевых вентилей 5 (см. рис. 118), закрепленных на панели 1 с помощью контактных планок 4 и 3. К планкам винтами крепятся выводные провода 2, вторые концы которых припаяны к зажимам колодок штепсельных разъемов. Технические данные панели ПВК-6040 представлены в табл. 35.

На тепловозах 2ТЭ10М вместо панелей ПВК-6040 установлены блоки БВК-471, которые имеют устройство, аналогичное блоку БВК-450 и ток на выходе 10 А.

Блок диодов сравнения БВ-1203 установлен на тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10М и 2ТЭ116. Назначение блока — выделение наибольшего сигнала пары боксующего и небоксующего тяговых электродвигателей тепловоза в схеме с жесткими динамическими характеристиками. Блок БВ-1203 представляет собой набор выпрямителей, соединенных по мостовой шестифазной схеме, работающих на общую нагрузку. Конструкция блока разборная металлическая, состоит из дна, крышки и двух крепящих винтов. На дно устанавливается изоляционная панель с элементами схемы. К электрической цепи тепловоза блок подсоединяется с помощью штепсельного разъема. Схема блока представлена на рис. 119.

Блоки выпрямителей кремниевых тепловоза 2ТЭ116: БВК-140; БВК-220А; БВК-250; БВК-320; БВК-1012.

Блок БВК-140 предназначен для выпрямления тока коррекции и стабилизации работы электропередачи. Блок БВК-140 конструктивно аналогичен блоку БВК-450. На панели установлены диоды, конденсаторы и резисторы. Электрическая схема блока представ-

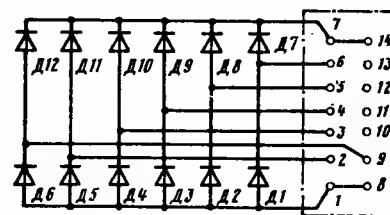


Рис. 119

Рис. 119. Принципиальная электрическая схема блока БВ-1203:

Д1—Д12 — диоды; 1—14 — штепсельные разъемы

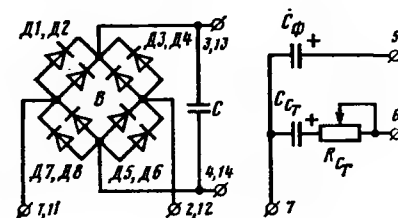


Рис. 120

Рис. 120. Принципиальная электрическая схема блока БВК-140

лена на рис. 120. Часть блока, состоящая из выпрямительного моста В и конденсатора С, служит для выпрямления переменного тока в цепи трансформатора коррекции. Другая часть блока, состоящая из конденсатора фильтра C_{ϕ} и дифференциальной цепочки (резистор $R_{ст}$ и конденсатор $C_{ст}$), предназначена для стабилизации работы электропередачи тепловоза. Ток на выходе моста 15 А, обратное напряжение 300 В.

Блок БВК-220А предназначен для выпрямления тока в цепи индуктивного датчика и трансформатора постоянного напряжения. Конструктивно блок БВК-220А аналогичен блоку БВК-450. На панели расположены диоды, конденсаторы и стабилитроны. В блоке БВК-220А применен стабилитрон типа Д815А. Электрическая схема блока представлена на рис. 121, а. Выпрямительный мост В1 с конденсатором С1 и разделительным диодом Д9 применяется в цепи трансформатора напряжения. Максимальный ток на выходе моста допускается 1,5 А, обратное напряжение 100 В. Выпрями-

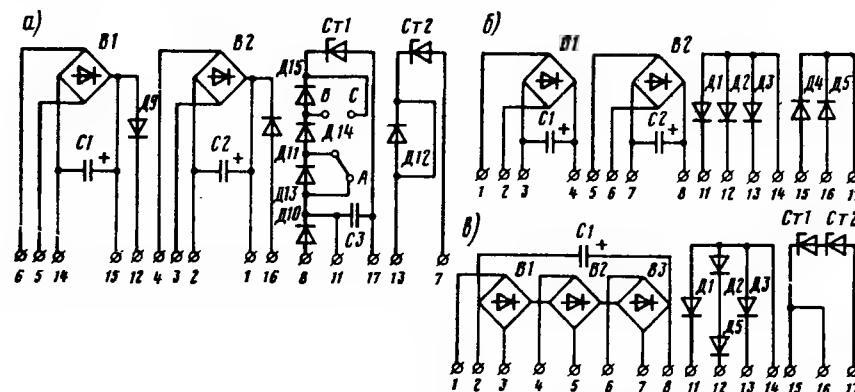


Рис. 121. Принципиальные электрические схемы:

а — блока БВК-220А; б — БВК-250; в — БВК-320

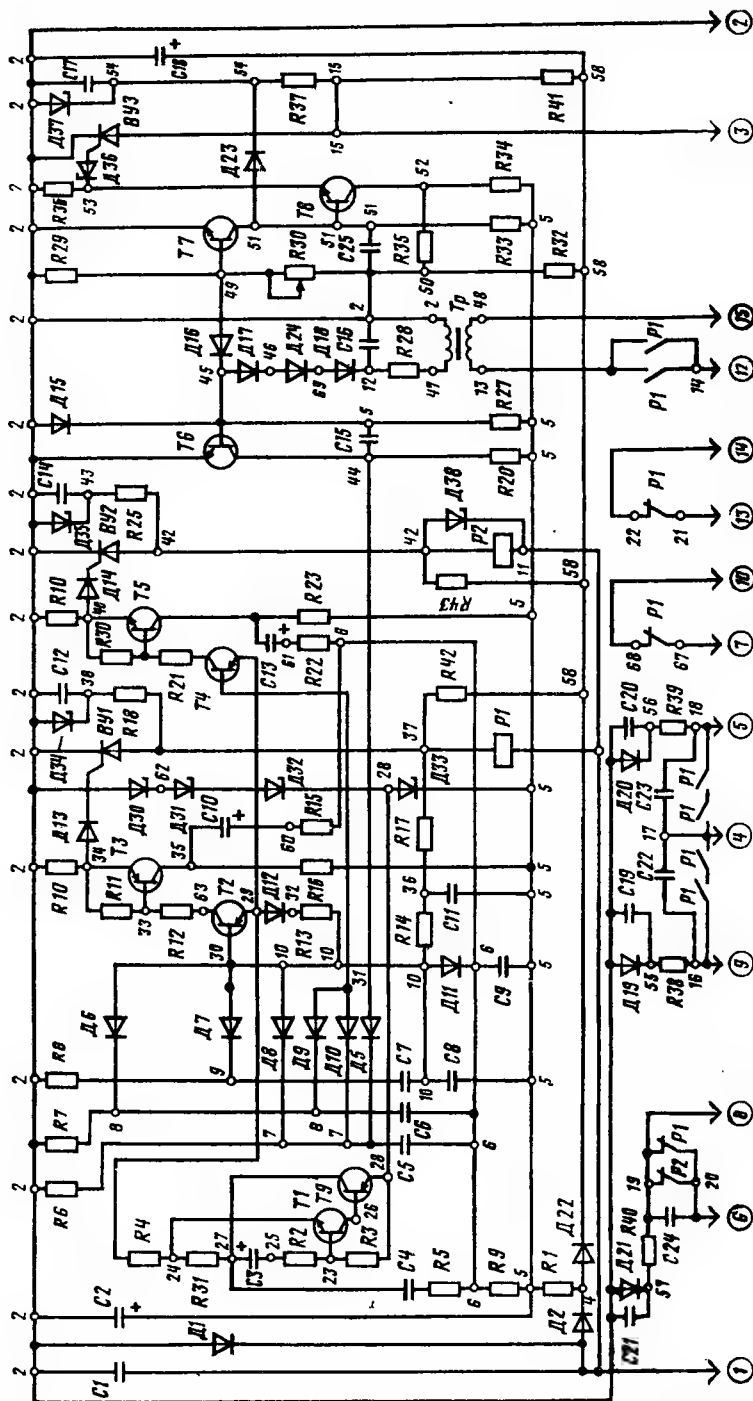


Рис. 123. Принципиальная электрическая схема блока пуска дизеля БПД-4

третьей R6, C5 будут заблокированы и не участвуют в работе. Объясняется это тем, что при закрытом тиристоре BU1 его сопротивление очень большое и полный положительный потенциал источника питания через катушку реле P1 и фильтр на резисторах R14, R17 и конденсаторе C11 подается на анод диода D11 и открывается его. Падение напряжения на этом диоде (0,7—1,0 В) прикладывается к нижним по схеме обкладкам конденсаторов C5 и C6 с одной стороны и через диоды D6, D8 к верхним обкладкам. Конденсаторы находятся в разряженном состоянии, так как потенциалы их обкладок примерно одинаковы.

Релейный усилитель собран на транзисторах разного типа проводимостей с положительной обратной связью. В исходном состоянии или в момент отсчета выдержек времени при запертом диоде D7 транзисторы заперты и тока не потребляют. По окончании выдержки времени через переход эмиттер-база транзистора T2 и диод D7 начинает идти ток управления, вызывающий открытие транзистора T2. Открытие транзистора T2 ведет к увеличению тока коллектора, который является управляющим током базы транзистора T3. Транзистор T3 начинает открываться, напряжение на его коллекторе начинает падать. Это падение через цепочку положительной обратной связи C10, R15, D11, C7, D7 прикладывается к базе транзистора T2, что вызывает дальнейший рост управляющего тока транзистора. Процесс переключения нарастает лавинообразно и происходит в течение нескольких микросекунд. Резистор R16 коллекторной нагрузки транзистора T3 служит также для ограничения тока управления тиристора BU1.

В момент открытия тиристора BU1 и включения реле P1 блокировка с времязадающих цепочек R6, C5 и R7, C6 снимается, так как диод D11 запирается минусом источника питания, который в этот момент прикладывается через фильтр R17, R14, C11 к его аноду. Одновременно происходит разряд конденсатора C7 по цепочке D12, R13, чем подготавливается схема для повторного пуска. После этого начинается контроль процесса пуска дизеля и защиты стартер-генератора от длительных пусковых токов. Отсчет выдержек времени начинается после срабатывания реле P1 и замыкания его контактов в цепи обмотки трансформатора Tr2. При нормальном пуске дизеля на вторичной обмотке трансформатора Tr2 наводится переменное напряжение 1,5—2,0 В, которое запирает открытый транзистор T6. Закрытие транзистора T6 позволяет разряжаться конденсатору C5 через резистор R26 и диод D5, что исключает из работы эту времязадающую цепочку. По мере заряда конденсатора C6 потенциал его верхней обкладки падает и через время выдержки, равное 12 ± 1 с, он станет ниже потенциала эмиттера транзистора T4, что приведет к открытию транзистора T4. Открытие транзистора T4 ведет к увеличению тока коллектора, а следовательно, и управляющего тока базы транзистора T5. Транзистор T5 и тиристор BU2 начнут открываться. Напряжение на коллекторе транзистора T5 падает и это падение напряжения через цепочку положительной обратной связи C13, R22, C5, D10 прикладывается

к базе транзистора *T4*, что вызывает дальнейший рост управляющего тока транзистора. Процесс переключения нарастает лавинообразно и происходит в течение нескольких микросекунд. Открытие тиристора *ВУ2* создает цепь катушке реле *P2*, реле срабатывает и разбирает цепь пуска дизеля.

Одновременно с началом отсчета времени выдержки напряжение на вторичной обмотке трансформатора *Tr2* растет и при достижении значения 26—35 В, что соответствует 250—300 об/мин коленчатого вала дизеля, усилитель на транзисторах *T7*, *T8* срабатывает, тиристор *ВУ3* открывается и создает цепь катушки реле *PУ9*. Реле *PУ9* срабатывает и размыкающими контактами разбирает цепь катушки контактора *КМН*, цепь пуска дизеля разбирается.

Работа усилителя на транзисторах *T7*, *T8*: во время первой выдержки транзистор *T7* открыт и насыщен по цепям смещения на резисторах *R32*, *R30* и *R34*, *R35*, *R30*. После пуска дизеля во время второй выдержки времени напряжение на вторичной обмотке трансформатора *Tr2* растет и когда частота вращения коленчатого вала достигнет 250—300 об/мин, напряжение на вторичной обмотке становится достаточным для запираания транзистора *T7*. Транзистор *T7* закрывается, а транзистор *T8* открывается цепью смещения на резисторе *R33*. Уменьшение напряжения на коллекторе транзистора *T8* передается сильной положительной обратной связью, собранной на резисторе *R35*, на базу транзистора *T7*, что вызывает дальнейшее закрытие транзистора *T7* и открытие транзистора *T8*. Открытие транзистора *T8* ведет к открытию тиристора *ВУ3*. Стабилитрон *Д36* служит для исключения ложных срабатываний тиристора *ВУ3*.

Таким образом, нормальный пуск дизеля должен происходить в интервале времени, меньшем времени второй выдержки. Если это условие не выполняется, то по истечении 12 ± 1 с сработает усилитель на транзисторах *T4*, *T5* и откроется тиристор *ВУ2*. Открытие тиристора *ВУ2* вызовет срабатывание реле *P2*, которое разберет цепь пуска дизеля.

В случае тяжелого пуска дизеля (коленчатый вал дизеля не разворачивается или разворачивается очень медленно) напряжение на вторичной обмотке трансформатора будет отсутствовать, транзистор *T6* останется открытым цепью смещения, создаваемой резистором *R27*, и заряд емкости *C5* произойдет через $3 \pm 0,3$ с. При этом потенциал его верхней обкладки станет меньше потенциала эмиттера транзистора *T4*, транзистор *T4* откроется, открытие транзистора *T4* вызовет открытие транзистора *T5* и тиристора *ВУ2*. Открытие тиристора *ВУ2* вызовет срабатывание реле *P2*, которое разберет цепь пуска дизеля.

Конструктивно блок пуска дизеля представляет собой металлический закрытый корпус, в котором размещены все элементы блока. Подсоединение блока к цепи тепловоза осуществляется штепсельным разъемом.

Контрольные вопросы

1. Назначение блока пуска дизеля.
2. Работа блока пуска дизеля при формировании первой выдержки времени.
3. Работа блока при формировании второй выдержки времени.
4. Работа блока при тяжелых пусках дизеля.

6.9. БЛОК УПРАВЛЕНИЯ

Блок управления БА-520 предназначен для управления блоком БВК-1012 в зависимости от сигналов по току и напряжению тягового генератора. Блок БА-520 состоит из двух одинаковых секций, помещенных в металлический корпус. Каждая секция имеет две панели. Все полупроводниковые элементы, резисторы, конденсаторы собраны на печатной плате (верхней панели), на нижней па-

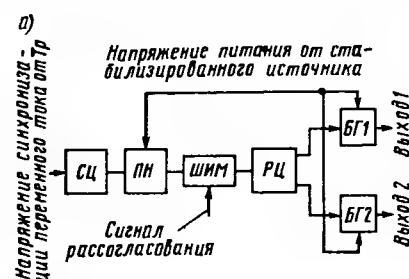
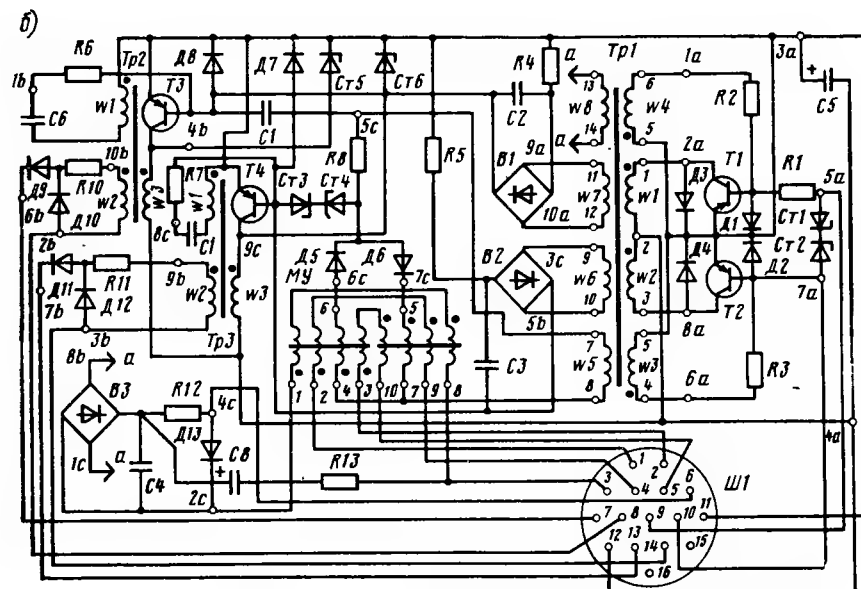


Рис. 124. Схемы блока управления БА-520:
а — функциональная; б — принципиальная



нели размещены магнитные усилители, два трансформатора блокинг-генераторов ($Tr2$, $Tr3$) и трансформатор $Tr1$ преобразователя напряжения.

Функциональная схема блока управления БА-520 приведена на рис. 124. Блок состоит из функциональных узлов:

- синхронизирующей цепи (СЦ);
- ведомого преобразователя напряжения (ПН);
- шиотно-импульсного модулятора (ШИМ);
- распределительной цепочки (РЦ);
- блокинг-генераторов (БГ1, БГ2).

Входное напряжение переменного тока с обмотки распределительного трансформатора $Tr1$ подается на синхронизирующую цепь СЦ, которая производит переключение транзисторов преобразователя напряжения ПН синхронно с частотой напряжения питания блока БВК-1012.

Широтно-импульсный модулятор ШИМ получает питание от ПН и через распределительную цепь РЦ запускает поочередно блокинг-генераторы БГ1 и БГ2, которые формируют импульсы заданной длительности и напряжения. Импульсы с блокинг-генераторов подаются на цепи управления тиристоров управляемого выпрямителя.

Фаза импульсов управления относительно напряжения синхронизации определяется сигналом рассогласования селективного узла и блока задания.

Синхронизирующая цепь СЦ предназначена для синхронизации преобразователя напряжения по частоте с синхронным возбудителем ВС-650В и состоит из встречно включенных стабилитронов $Ст1$ и $Ст2$ и резистора $R1$. Синхронизирующее напряжение подается на контакты 9—10 ШР и обеспечивает переключение транзисторов $T1$ и $T2$ преобразователя напряжения постоянным по величине сигналом независимо от входного переменного напряжения, которое изменяется в широких пределах. Через диоды $D1$ и $D2$ в соответствующие полупериоды ток поступает на переходы эмиттер-база транзисторов $T1$ и $T2$, вызывая их поочередное переключение. Например, в первый полупериод ток через резистор $R1$, диод $D1$ подается на переход эмиттер-база транзистора $T2$, во второй полупериод — через диод $D2$, переход эмиттер-база транзистора $T1$, резистор $R1$.

Преобразователь напряжения предназначен для преобразования постоянного напряжения в переменное с частотой, определяемой входным напряжением синхронизации. Переменное напряжение необходимо для питания ШИМ, получения изолированных источников постоянного тока для смещения переходов эмиттер-база транзисторов $T3$ и $T4$ блокинг-генераторов в обратном направлении и для питания токоограничительного узла.

Преобразователь состоит из трансформатора $Tr1$, транзисторов $T1$, $T2$, резисторов $R2$, $R3$, диодов $D3$, $D4$, выпрямителей $B1$, $B2$, $B3$, конденсаторов $C3$, $C2$, $C4$.

Трансформатор имеет коллекторные обмотки $w1$, $w2$, базовые обмотки $w3$, $w4$, выходные обмотки $w5$, $w6$, $w7$, $w8$. Параметры цепи обратной связи преобразователя, образованные базовыми обмотками и резисторами $R2$, $R3$, выбраны так, что обеспечивают работу транзисторов $T1$ и $T2$ в режиме переключения.

Выходная обмотка $w5$ питает ШИМ. Выходные обмотки $w6$, $w7$, $w8$ совместно с выпрямительными мостиками $B1$, $B2$, $B3$ и конденсаторами $C3$, $C2$; $C4$ образуют изолированные источники постоянного тока.

Широтно-импульсный модулятор предназначен для модуляции фазы выходных импульсов блокинг-генераторов относительно входного переменного напряжения в зависимости от величины сигнала рассогласования на его входе.

В качестве широтно-импульсного модулятора используется усилитель с отрицательной внутренней обратной связью с выходом на переменном токе. Магнитный усилитель имеет три обмотки управления с одинаковыми параметрами.

Сигнал рассогласования через токоограничивающий узел, состоящий из выпрямительного моста $B3$, резистора $R12$, конденсатора $C4$ и диода $D13$, подается на обмотку управления к контактам 3 и 6 ШР.

Одна из обмоток стабилизирующая, остальные не используются. Импульсы для запуска блокинг-генераторов снимаются с резистора нагрузки $R8$.

Распределительная цепь (РЦ) предназначена для формирования импульсов, запускающих блокинг-генераторы от переднего фронта импульсов напряжения на резисторе $R8$, и распределения их в зависимости от полярности между блокинг-генераторами. РЦ состоит из стабилитронов $Ст3$, $Ст4$, конденсатора $C1$, диодов $D7$, $D8$. Стабилитроны $Ст3$, $Ст4$ исключают ложный запуск блокинг-генераторов при перемене полярности напряжения преобразователя.

Блокинг-генераторы (БГ1 и БГ2) предназначены для формирования импульсов управления тиристорами управляемого выпрямителя и состоят из следующих элементов: БГ1 — транзистор $T3$, трансформатор $Tr2$, диоды $D9$, $D10$, резисторы $R4$, $R6$, $R10$; БГ2 — транзистор $T4$, трансформатор $Tr3$, диоды $D11$, $D12$, резисторы $R5$, $R7$, $R11$.

Трансформатор каждого блокинг-генератора имеет три обмотки: первичную $w3$, обмотку обратной связи $w1$ и входную $w2$.

Параметры схемы блокинг-генератора таковы, что степень положительной обратной связи (обмотка $w1$) выше критической, однако при отсутствии входного сигнала транзистор БГ полностью закрыт благодаря наличию нелинейности в цепи обратной связи (переход эмиттер-база) и дополнительному положительному напряжению смещения, подаваемому на базу транзистора по цепи $w1$, $R4$, $D8$ для БГ1. При поступлении запускающего импульса на транзистор $T3$ по цепи (когда «плюс» между $R8$ и $C1$): $R8$, $C1$, пе-

реход база-эмиттер $T3$, $D7$, $Cт3$, $Cт4$, $R8$ транзистор открывается и удерживается в открытом состоянии положительной обратной связью.

На выходе (контакты 7 и 8ШР) вырабатывается импульс напряжения заданной амплитуды и длительности. Длительность импульса определяется временем насыщения трансформатора. После запираания транзистора происходит размагничивание сердечника трансформатора. При перемене полярности на $R8$ открывается транзистор $T4$ по цепи: $R8$, $Cт3$, $Cт4$, переход база-эмиттер $T4$, $D8$, $C1$, $R8$, выходные контакты 13 и 14 ШР.

Стабилитроны $Cт5$ и $Cт6$, подключенные между эмиттером и коллектором транзисторов, защищают их от повреждения повышенным напряжением.

Контрольные вопросы

1. Назначение блока управления.
2. Назначение и принципы работы основных функциональных узлов блока управления.

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ ТЕПЛОВОЗОВ

Графическое изображение электрических цепей, состоящих из электрических машин, аппаратов, соединительных проводов, принято называть *схемой*.

По ГОСТ 2.701—84 и ГОСТ 2.702—75 различают следующие типы электрических схем: структурная (1), функциональная (2), принципиальная (3), соединений (монтажная) (4), подключения (5), общая (6), расположения (7), прочие (8), объединенная (0). В скобках указано цифровое обозначение каждого типа схемы.

На структурной электрической схеме, например электропередачи тепловоза, изображают основные электрические машины и аппараты в виде условных графических обозначений или прямоугольников с показом основных связей между ними. Обычно такие схемы используются для иллюстрации системы управления электропередачей тепловоза или отдельных систем.

На принципиальных электрических схемах тепловозов отдельные элементы электрических аппаратов (катушки, главные и вспомогательные контакты) изображают не в виде собранного аппарата, а рассредоточенно — в соответствующих схемах. Каждый элемент аппарата обозначается теми же буквами и цифрами, которыми обозначен аппарат. Если в схеме несколько одноименных аппаратов, то принимают обозначения Д1...ДЗ, П1...П6 и т. д.

Принципиально-монтажные электрические схемы тепловозов отличаются от принципиальных тем, что на них показаны все виды выводных зажимов и штепсельных разъемов с использованием их условных графических соединений. Нумерация проводов полностью соответствует маркировке проводов на тепловозе. На принципиально-монтажных электрических схемах тепловозов в специальной таблице приводится перечень электрических машин, аппаратов, приборов, резисторов и т. д.

Принципиальные электрические схемы тепловозов условно делятся на несколько отдельных схем: управления, электропередачи (силовая схема), вспомогательных устройств, защиты и сигнализации, освещения. На принципиальных схемах все электрические цепи изображены в разомкнутом состоянии.

Для лучшего усвоения работы электрических цепей тепловозов при их описании установлен следующий принцип: вначале дается порядок действия при выполнении каждой операции управления, затем описывается взаимодействие аппаратов, обеспечивающих выполнение этой операции управления, и потом дается описание цепи питания катушки каждого аппарата

7.2. ПУСК ДИЗЕЛЯ

На двухсекционных тепловозах рекомендуется вначале запустить дизель ведомой секции, а затем ведущей; на трехсекционных вначале запускается дизель крайней (третьей) ведомой секции, затем средней и последним запускается дизель ведущей. Перед запуском дизеля необходимо на всех секциях включить разъединители аккумуляторных батарей, автоматические выключатели «Работа дизеля», «Топливный насос», на ведущей секции поставить в рабочее положение рукоятку блокировки тормоза БУ, включить автомат «Управление», установить в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад» рукоятку реверсивного механизма контроллера машиниста.

На трехсекционном тепловозе для пуска дизеля крайней (третьей) вехомй секции необходимо включить тумблер ТНЗ «Топливный насос» и кратковременно кнопку ПДЗ «Пуск дизеля третьей секции».

После включения тумблера *ТНЗ «Топливный насос»* включается контактор *КТН*, и один его главный контакт подключает электродвигатель топливонасоса к аккумуляторной батарее, а второй создает цепь на обмотку возбуждения вспомогательного генератора, катушки электропневматических вентилей *ВП6* и *ВП9* и электромагнит *МР5* (рис. 125).

Цепь катушки контактора КТН третьей ведомой секции: «плюс» аккумуляторной батареи, провод 396, разъединитель аккумуляторной батареи ВБ, провода 493, 392, предохранитель 107 на 125 А, провод 391, шунт амперметра 103, резистор СЗБ, провод 399х3, зажимы 1/1—4, провода 1241, 255, автомат А5 «Работа дизеля»,

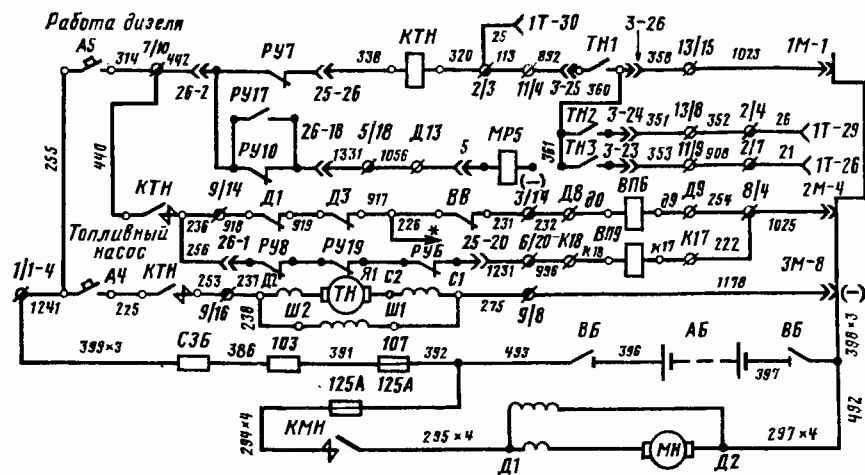


Рис. 125. Электрическая схема включения электродвигателя топливopодкачивающего насоса, вентилей *ВР6*, *ВР9*, электромагнита *МР5* тепловозов *ЗТЭ10М* и *2ТЭ10М*

провод 314, зажим 7/10, провод 442, контакты 26—2ШР, замыкающие контакты реле РУ7, контакты 25—26 ШР, провод 338, катушка контактора КТН, провод 320, зажим 2/3, провод 25, межтепловозные соединения между третьей и средней ведомыми секциями, транзитные провода 156, 21 (или 155, 26) средней секции, межтепловозные соединения между средней и ведущей секциями, провод 21 ведущей секции, зажим 2/7, провод 908, зажим 11/9, провод 353, контакты 3—23 ШР, контакты тумблера ТНЗ, провода 361, 360, контакты 3—26 ШР, провод 358, зажим 13/15, провод 1023, контакты 1М—1 ШР, общий «минус».

Цель двигателя топливopодкачивающего насоса: зажим 1/1-4, провод 1241, автомат А4 «Топливный насос», провод 225, главный контакт контактора КТН, провод 253, зажим 9/16, провод 237, зажим Д2, электродвигатель ТН, зажим С1, провод 275, зажим 9/8, провод 1178, контакты ЗМ—8 ШР; «минус» АБ.

Цепь катушки вентиля ВП6: жажим 7/10, провод 440, главный контакт контактора КТН, провод 236, жажим 9/14, провод 918, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д1, провод 919, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д3, провода 917, 226, размыкающие вспомогательные контакты контактора ВВ, провод 231, жажим 3/14, провод 232, жажим Д8, провод 08, катушка вентиля ВП6, провод 09, жажим Д9, провод 254, жажим 8/4, провод 1025, контакты 2М—4ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки вентили ВР9: провода 236, 256, контакты 26—1 ШР, размыкающие контакты реле РУ8, РУ19, РУ6, контакты 25—20 ШР, провод 1231, зажим 6/20, провод 996, зажим К18, провод К18, катушка вентили ВР9, провод К17, зажим К17, провод 222, зажим 8/4, далее цепь показана раньше.

Цепь катушки электромагнита МР5: контакты 26-2 ШР, замыкающие контакты реле РУ10, контакты 26—18 ШР, провод 1331, зажим 5/18, провод 1056, зажим Д13, контакты 5ШР, катушка МР5, «минус» АБ.

Последовательность срабатывания аппаратов при пуске дизеля (рис. 126). После кратковременного нажатия кнопки ПДЗ «Пуск дизеля третьей секции» включается реле РУ6, которое одним замыкающим контактом (провода 442, 337) обеспечивает питание цепи пуска от зажима 7/10, минуя кнопку ПДЗ, а вторым (провода 200, 220) включает реле времени РВ1.

Реле времени *PВ1* замыкающими контактами мгновенного действия (провода 283, 345) замыкает цепь катушки контактора *КМН*, контактор *КМН* срабатывает и своими главными контактами (провода 294×4, 295×4) (см. рис. 125) замыкает цепь двигателя маслопрокачивающего насоса *МН*, двигатель включается в работу, а вспомогательными (провода 325, 326) подготавливает к включению цепи катушек контакторов *Д1—Д3*.

По истечении времени выдержки на прокачку масла в системе дизеля (90 с) замыкающий с выдержкой времени контакт реле времени *PВ1* (провода 283, 325) замкнется и создаст цепь на катушку контактора *Д1*. Контактор *Д1* сработает и главным контак-

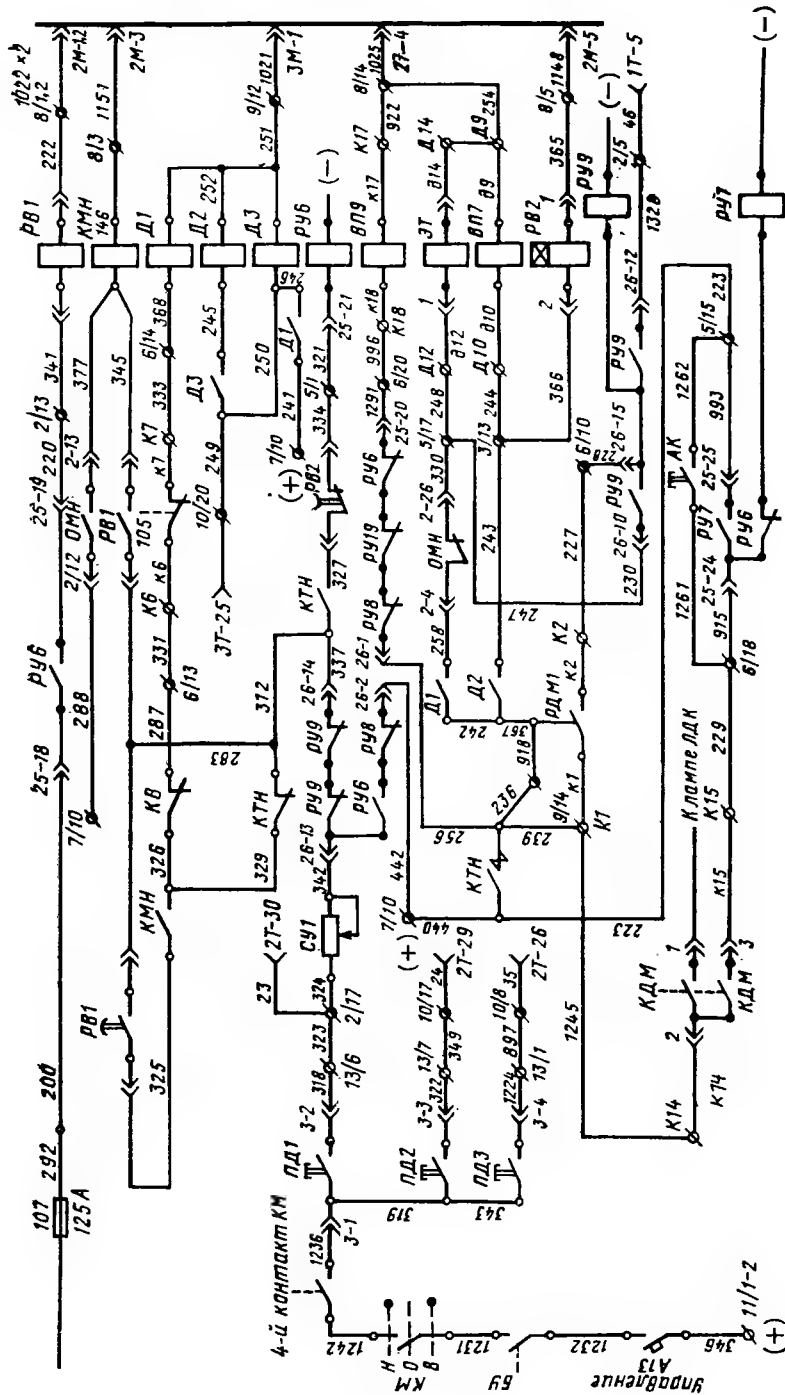


Рис. 126. Электрическая схема пуска и защиты дизеля тепловозов 3ТЭ10М и 2ТЭ10М

том подсоединит «минус» аккумуляторной батареи к пусковой обмотке тягового генератора, а вспомогательным создаст цепь на катушку контактора ДЗ и через межтепловозные соединения на катушки контакторов ДЗ ведущей секции и средней ведомой секции, вторым (провода 242, 258) создаст цепь на катушку электромагнита регулятора частоты вращения ЭТ. Контакторы ДЗ срабатывают и главными контактами соединяют параллельно аккумуляторные батареи всех секций. Вспомогательный контакт контактора ДЗ создаст цепь на катушку контактора Д2, контактор срабатывает и главным контактом соединяет аккумуляторную батарею с тяговым генератором, генератор в режиме двигателя начнет разворачивать коленчатые валы дизеля. Одновременно вспомогательные контакты контактора Д2 (провода 242, 243) создают цепь на катушку реле времени РВ2 и катушку вентиля ВП7 ускорителя пуска. При достижении давления масла в конце верхнего коллектора дизеля (0,05—0,06) МПа срабатывает реле давления масла РДМ1, контакты которого (провода 1245, 227) создадут цепь на катушку реле РУ9. Реле РУ9 срабатывает и одним замыкающим контактом (провода 230, 228) создает цепь на катушку электромагнита ЭТ, вторым включает сигнальную лампу «Работа дизеля». Размыкающим контактом (провода 442, 337) реле РУ9 разрывает цепь катушки реле РУ6, контакторов Д1—Д3, КМН, т. е. схема пуска дизеля разбирается.

Защита аккумуляторной батареи от чрезмерной разрядки при пуске дизеля обеспечивается тем, что реле времени РВ2 контролирует продолжительность раскрутки валов дизеля при пуске. Если продолжительность пуска дизеля будет 30 с и выше, то размыкающие контакты реле РВ2 (провода 334, 327) разорвут цепь катушки реле РУ6, реле отключится и его контакты разорвут цепь катушек контакторов Д1—Д3 и КМН, запуск дизеля прекратится.

Цепи катушек аппаратов, обеспечивающих пуск дизеля. Цепь катушки реле РУ6: плюсовой зажим 11/1—2 ведущей секции, провод 346, автомат А13 «Управление», провод 1232, контакты БУ, провод 1231, контакты реверсивного механизма контроллера машиниста, замкнутые в положении «Вперед» или «Назад», провод 1242, контакты контроллера машиниста, замкнутые на нулевой позиции, провод 1236, контакты 3—1 ШР, провода 319, 343, контакты кнопки ПДЗ «Пуск дизеля третьей секции», контакты 3—4 ШР, провод 1224, зажим 13/1, провод 897, зажим 10/8, провод 35, межтепловозные соединения между ведущей и средней секциями, транзитные провода средней секции, межтепловозные соединения между средней и третьей секциями, провод 23, зажим 2/17, провод 324, резистор СУ1, провод 342, контакты 26—13 ШР, последовательно соединенные размыкающие контакты реле РУ9, контакты 26—14 ШР, провода 337, 372, замыкающие вспомогательные контакты контактора КТН, провод 327, размыкающие контакты реле времени РВ2, провод 334, зажим 5/1, провод 321, контакты 25—21 ШР, катушка реле РУ6, общий «минус».

Цепь катушки реле РУ6 после срабатывания: плюсовой зажим 7/10, провод 442, контакты 26—2 ШР, размыкающие контакты реле РУ8, замыкающие контакты реле РУ6, размыкающие контакты реле РУ9 и далее цепь совпадает с ранее описанной.

Цепь катушки реле РВ1: провод 200, контакты 25—18 ШР, замыкающие контакты РУ6, контакты 25—19 ШР, провод 220, зажим 2/13, провод 341, катушка реле РВ1, провод 222, зажим 8/1,2, провод 1022×2, контакты 2М—1,2 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки контактора КМН: провода 372, 283, замыкающие контакты реле РВ1, провод 345, катушка контактора КМН, провод 146, зажим 8/3, провод 1151, контакты 2М—3 ШР, «минус» АБ.

Цепь двигателя маслопрокачивающего насоса МН (см. рис. 125): провод 392, предохранитель 125 А, провод 294×4, замыкающие главные контакты контактора КМН, провод 295×4, зажим Д1, двигатель МН, зажим Д2, провода 297×4, 249, 492, «минус» АБ.

Цепь катушки контактора Д1 (см. рис. 126): размыкающие контакты реле РУ9, контакты 26—14 ШР, провода 337, 372, 283, размыкающие контакты реле РВ1, провод 325, замыкающие вспомогательные контакты контактора КМН, провод 326, размыкающие вспомогательные контакты контактора КВ, провод 287, зажим 6/13, провод 331, зажим К6, провод К6, контакты 105 валоповоротного устройства, провод К7, зажим К7, провод 333, зажим 6/14, провод 368, катушка контактора Д1, провод 251, зажим 9/12, провод 1021, контакты 3М—1 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки контактора Д3: зажим 7/10, провод 241, замыкающий вспомогательный контакт контактора Д1, провод 246, катушка контактора Д3, провод 251 и далее смотри цепь катушки контактора Д1.

Цепь катушки контактора Д2: провода 246, 250, 249, замыкающий вспомогательный контакт контактора Д3, провод 245, катушка контактора Д2, провода 252, 251 и далее смотри цепь катушки контактора Д1.

Цепь катушки электромагнита ЭТ: главный контакт контактора КТН, провод 236, зажим 9/14, провода 918, 367, 242, замыкающие вспомогательные контакты контактора Д1, провод 258, контакты 2-4 ШР, размыкающие контакты ОМН, контакты 2-26 ШР, провод 330, зажим 5/17, провод 248, зажим Д12, провод Д12, катушка электромагнита ЭТ, провод Д14, зажимы Д14, Д9, провод 254, зажим 8/4, провод 1025, контакты 2М-4 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки вентиля ВП7: провод 367, замыкающие вспомогательные контакты контактора Д2, провод 243, зажим 3/13, провод 244, зажим Д10, провод Д10, катушка вентиля ВП7, провод Д9, зажим Д9, далее смотри цепь катушки ЭТ.

Цепь катушки реле РВ2: зажим 3/13, провод 366, катушка реле РВ2, провод 365, зажим 8/5, провод 1148, контакты 2М-5 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки реле РУ9: главные контакты контактора КТН, провод 239, зажим К1, провод К1, замыкающие контакты реле

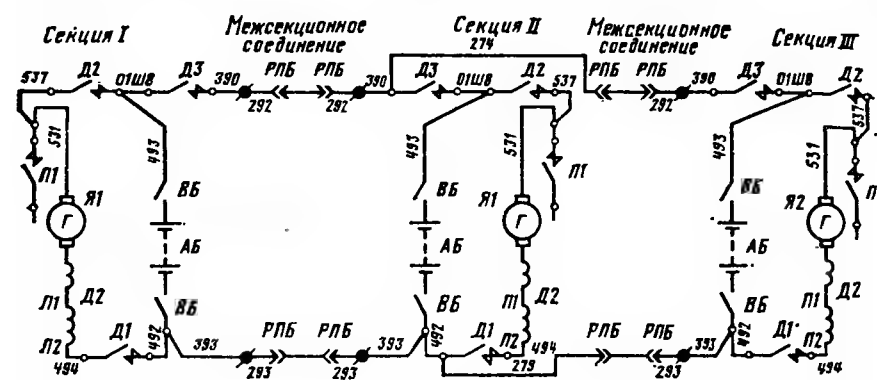


Рис. 127. Электрическая схема включения тягового генератора при пуске дизеля тепловоза 3ТЭ10М

РДМ1, провод К2, зажим К2, провод 227, зажим 6/10, провод 228, контакты 26-15 ШР, катушка реле РУ9, «минус» АБ.

Цепь питания тягового генератора при пуске дизеля (рис. 127): «плюс» АБ, кабель 493, замыкающий главный контакт контактора Д2, кабели 537, 531, якорь тягового генератора, добавочные полюсы, пусковая обмотка, кабель 494, главные замыкающие контакты контактора Д1, кабель 492, «минус» АБ.

Для пуска дизеля средней секции необходимо включить тумблер ТН2 на пульте ведущей секции и кратковременно кнопку ПД2 «Пуск дизеля второй секции». Так как все аккумуляторные батареи при пуске дизелей контакторами Д3 включаются параллельно, то необходимо соблюдать следующие требования: запуск очередной дизель можно только после отключения пуска предыдущего.

Последовательность срабатывания аппаратов в цепи двигателя топливонасоса и в цепи пуска дизеля полностью совпадает с последовательностью срабатывания этих аппаратов на третьей секции.

Цепи питания катушек аппаратов, кроме катушки контактора КТН, и реле РУ6, аналогичны. Ниже дается описание цепи катушки контактора КТН и реле РУ6 средней секции.

Цепь катушки контактора КТН средней секции (см. рис. 125). При включении тумблера ТН2 на пульте ведущей секции катушки контактора КТН средней секции получают питание по цепи: зажим 1/4 средней секции, провод 255, автомат А5 «Работа дизеля», провод 314, зажим 7/10, провод 442, контакты 26—2 ШР, размыкающие контакты реле РУ7, контакты 25—26 ШР, провод 338, катушка контактора КТН, провод 320, зажим 2/3, провод 25, межтепловозные соединения между средней и ведущей секциями, провод 26, зажим 2/4, провод 352, зажим 13/8, провод 351, контакты 3—24 ШР, контакты тумблера ТН2, провод 360, контакты 3—26 ШР, провод 358, зажим 13/15, провод 1023, контакты 1М—1 ШР, общий «минус» АБ.

Цепь питания катушки реле РУ6 средней секции (см. рис. 126): провод 319 ведущей секции (отходит от кнопки ПД1), кнопка ПД2, контакты 3—3 ШР, провод 322, зажим 13/7, провод 349, зажим 10/17, провод 24, межтепловозные соединения между ведущей и средней секциями, провод 23, зажим 2/17 и далее смотри цепь катушки реле РУ6 третьей секции.

Для пуска дизеля ведущей секции необходимо включить тумблер ТН1 и кратковременно кнопку ПД1 «Пуск дизеля первой секции». Последовательность срабатывания аппаратов в цепи электродвигателя топливонасоса и пуска дизеля совпадает с последовательностью срабатывания этих аппаратов на средней и третьей секциях. Цепи питания катушек аппаратов, кроме катушки контактора КТН и реле РУ6, аналогичны. Ниже дано описание цепей катушки контактора КТН и реле РУ6.

Цепь катушки контактора КТН (см. рис. 125): «плюс» аккумуляторной батареи, провод 396, разъединитель аккумуляторной батареи ВБ, провода 493, 392, предохранитель 107 на 125 А, провод 391, шунт амперметра 103, резистор СЗБ, провод 399×3, зажимы 1/1—4, провода 1241, 255, автомат А5 «Работа дизеля», провод 314, зажим 7/10, провод 442, контакты 26—2 ШР, размыкающие контакты реле РУ7, контакты 25—26 ШР, провод 338, катушка контактора КТН, провод 320, зажим 2/3, провод 113, зажим 11/4, провод 892, контакты 3—25 ШР, контакты тумблера ТН1 «Топливный насос», контакты 3—26 ШР, провод 358, зажим 13/15, провод 1023, контакты 1М—1 ШР, провод 398×3, контакты разъединителя батареи ВБ, провод 397, «минус» аккумуляторной батареи.

Цепь катушки реле РУ6 (см. рис. 126): плюсовой зажим 11/1—2, провод 346, автомат А13 «Управление», провод 1232, контакты блокировки тормоза БУ, провод 1231, контакты реверсивного механизма контроллера, провод 1242, 4-й контакт КМ, провод 1236, контакты 3—1 ШР, контакты кнопки ПД1, контакты 3—2 ШР, провод 318, зажим 13/6, провод 323, зажим 2/17, провод 324, резистор СУ1, провод 342, контакты 26—13 ШР, два последовательно соединенных размыкающих контакта реле РУ9, контакты 26—14 ШР, провода 337, 372, размыкающие вспомогательные контакты контактора КТН, провод 327, размыкающие с выдержкой времени контакты реле РВ2, провод 334, зажим 5/1, провод 321, контакты 25—21 ШР, катушка реле РУ6, «минус» АБ.

Защита цепи пуска дизеля от аварийных режимов предусматривает:

1. Во время пуска дизеля одной из секций для исключения перегрузки вспомогательного генератора работающих секций вспомогательный контакт контактора ДЗ (провода 917, 919) разрывает цепь питания БРН и возбуждения вспомогательного генератора.

2. Контакт 105 (провода 331, 337) валоповоротного механизма не допускает включения пусковых контактов при включенном (опущенном) механизме.

3. Вспомогательный размыкающий контакт контактора КВ (провода 326, 287) исключает возможность включения пусковых контактов при работе тепловоза в режиме тяги.

4. Вспомогательный размыкающий контакт пускового контактора Д2 (провода 108, 177) исключает возможность включения контакторов возбуждения КВ и ВВ, тем самым предохраняет аккумуляторную батарею и низковольтные цепи от высокого напряжения тягового генератора.

5. Замыкающий контакт реле РУ9 (провода 110, 1347) разрывает цепь реле РУ2, а оно, отключившись, разрывает цепь катушек контакторов КВ и ВВ, т. е. снимается возбуждение с возбудителя и генератора, если по какой-либо причине остановится дизель при работе под нагрузкой.

6. Если при работе дизеля давление в картере превысит 0,3—0,35 кПа, то включатся контакты дифманометра и создадут цепь питания на катушку реле РУ7 (см. рис. 126): зажим К1, провод 1245, зажим К14, провод К14, контакты дифманометра КДМ, провод К15, зажим К15, провод 229, зажим 6/18, провод 915, контакты 25—24 ШР, размыкающие контакты реле РУ6, катушка реле РУ7, «минус» вспомогательного генератора. Реле РУ7 срабатывает и разрывает цепь катушки контактора КТН, дизель останавливается. Здесь размыкающие контакты реле РУ6 отключают защиту во время пуска дизеля.

7. Аварийная остановка дизеля осуществляется при включении аварийной кнопки АК, смонтированной на пульте управления помощника машиниста. При включении кнопки АК создается цепь на катушку реле РУ7, оно срабатывает и его контакты разрывают цепь катушки контактора КТН.

Контрольные вопросы

1. Перечислить последовательность операций управления при пуске дизеля.
2. Показать на схеме цепь катушки контактора КТН третьей (средней, ведущей) секции.
3. Рассказать последовательность срабатывания аппаратов в цепи пуска дизеля.
4. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих пуск дизеля.
5. Показать на схеме цепь питания тягового генератора от аккумуляторной батареи при пуске дизеля.

7.3. ЦЕПЬ ТРОГАНИЯ ТЕПЛОВОЗА (НАБОР 1-й ПОЗИЦИИ)

Для трогания тепловоза (рис. 128) необходимо включить тумблер УТ «Управление тепловозом». Поставить штурвал контроллера машиниста на 1-ю позицию. После осуществления указанных операций реверсор разворачивается в требуемое положение. Главные контакты реверсора подготовят силовую цепь для требуемого направления вращения тяговых электродвигателей, а вспомогательные замкнут цепь катушки реле РУ2. Одновременно замкнется цепь

катушки реле времени *PВЗ*, реле сработает и его контакты создадут цепь на катушки вентиля контакторов *П1—П6*, поездные контакторы сработают и подсоединят тяговые двигатели к тяговому генератору, вспомогательные контакты поездных контакторов создадут цепь на катушки контакторов *КВ* и *ВВ*.

Главный контакт контактора *ВВ* (провода 404, 744) (см. рис. 133) подает напряжение:

1) на независимую обмотку возбуждения *Н1—Н2* (провода 438, 437) синхронного подвозбудителя *СПВ* через регулируемый резистор *СВРВ*;

2) на размагничивающую обмотку *НЗ—Н4* (466, 467) возбудителя *В* тягового генератора через замкнутый контакт 1 (405, 460) аварийного переключателя *АР* (в положении «Нормально») и далее через резистор *СВВ*, замкнутый контакт 3 (458, 434) переключателя *АР* на минус цепей управления.

С появлением напряжения на зажимах *СПВ* получает питание тахометрический блок *БТ* и распределительный трансформатор *ТР*, а от него трансформаторы постоянного тока *ТПТ 1—4* и напряжения *ТПН*, амплитат возбуждения *АВ* и катушка индуктивного датчика *ИД*. Совокупность этих элементов электрической цепи тепловоза позволяет совместно с объединенным регулятором дизеля изменять и поддерживать значение мощности дизель-генератора на всех позициях контроллера в пределах заданных рабочих характеристик тягового генератора, т. е. производить автоматическое регулирование возбуждения тягового генератора.

Обмотка независимого возбуждения (намагничивающая) возбудителя *Н1—Н2* (провода 468, 469) питается током рабочей обмотки *Н1К1—Н2К2* амплитата (провода 472, 473) через блок выпрямителей *ВВ2*. Переменное напряжение на рабочую обмотку амплитата и блок *ВВ2* подается от первичной обмотки 1—3 (провода 445, 446) распределительного трансформатора *ТР*. После замыкания главных контактов контактора *КВ* напряжение с возбудителя *В* подается на обмотку возбуждения *Н1—Н2* (провода 482, 483, 486) тягового генератора. После этого напряжение тягового генератора подается через замкнутые главные контакты поездных контакторов *П1—П6* и реверсора *ПР* на тяговые электродвигатели, приводящие тепловоз в движение.

Цепь катушки вентиля реверсора «Вперед» (см. рис. 128): зажим 11/2, провод 346, автомат А13 «Управление», провод 1232, контакты *БУ*, провод 1231, контакты реверсивного механизма *КМ*, провод 1242, замкнутые на 1-й позиции 1 и 3 контакты *КМ*, провод 219, контакты тумблера *УТ* «Управление тепловозом», провод 1235, зажим 15/6, провод А87, перемычка, провод 1304, зажим 11/19, провод 1306, зажим 7/17, провод 1311, контакты 26—26 ШР, размыкающие контакты реле *РУ12*, контакты 26—27 ШР, провод 1305, зажим 7/18, провод 1312, контакты реверсивного механизма *КМ*, замкнутые в положении «Вперед», провод 105, зажим 10/15, провод 107, катушка вентиля реверсора *В*, провод 104, зажим 9/4, провод 1329, контакты 3М—4 ШР, «минус» цепи управления.

Цепь катушки вентиля реверсора «Назад»: зажим 11/2, провод 346, автомат А13 «Управление», провод 1232, контакты *БУ*, провод 1231, контакты реверсивного механизма *КМ*, замкнутые в положении «Назад», провод 1242, замкнутые на 1-й позиции 1 и 3 контакты *КМ*, провод 219, контакты тумблера *УТ* «Управление тепловозом», провод 1235, зажим 15/6, провод А87, перемычка, провод 1304, зажим 11/19, провод 1306, зажим 7/17, провод 1311, контакты 26—26 ШР, размыкающие контакты реле *РУ12*, контакты 26—27 ШР, провод 1305, зажим 7/18, провод 1312, контакты реверсивного механизма *КМ*, замкнутые в положении «Назад», провод 101, зажим 10/14, провод 103, катушка вентиля реверсора *Н*, провод 104, зажим 9/4, провод 1329, контакты 3М—4 ШР, «минус» цепи управления.

Цепь катушки реле *РУ2*: зажим 10/15, провод 107, замкнутые в положении «Вперед» вспомогательные контакты реверсора *ПР* (провод 108, зажим 10/14, провод 103, замкнутые в положении «Назад» вспомогательные контакты реверсора *ПР*), провод 108, размыкающие вспомогательные контакты контактора *Д2*, провод 177, контакты блокировки аппаратной камеры *БД4*, провод 118, контакты *БД3*, провод 119, зажим 6/6, провод 315, зажим 5/8, провод 233, контакты *БД2*, провод 234, контакты *БД1*, провод 144, зажим 5/9, провод 110, контакты 26—3 ШР, размыкающие контакты реле *РУ8*, замыкающие контакты реле *РУ9*, замыкающие контакты реле *РУ4*, контакты 25—8 ШР, провод 1347, зажим 6/16, провод 160, контакты *РДВ*, провод 128, зажим 6/4, провод 1348, зажим Х7, провод 121, размыкающие контакты *ТРВ*, провод 122, размыкающие контакты *ТРМ*, провод 123, зажим Х2, провод 124, зажим 6/8, провод 115, контакты 26—35 ШР, размыкающие контакты реле *РУ5*, катушка реле *РУ2*, контакты 25—41 ШР, провод 270, зажим 8/9, провод 1017, контакты 2М—9 ШР, «минус» цепи управления.

Цепь катушки реле *РУ4* (см. рис. 129): контакты 11 *КМ*, замкнутые с 1-й по 10-ю позицию, контакты *КМН*, провод 300, зажим 3/6, провод 302, контакты 25—6 ШР, катушка реле *РУ4*, «минус» цепи управления.

Цепь катушки реле *РВ3* (см. рис. 128): провода 108, 109, зажим 5/16, провод 1051, контакты 25—12 ШР, размыкающие контакты реле *РУ19*, контакты 25—34 ШР, провод 311, зажим 7/12, провод 313, катушка реле *РВ3*, провод 1326, зажим 9/4, провод 1329, контакты 3М—4 ШР, «минус» цепи управления.

Цепь катушки вентиля поездного контактора *П1*: зажим 9/14, провод 181, замыкающие контакты реле времени *РВ3*, провод 183, замыкающие контакты реле *РВ3*, провод 1064, зажим 4/11, провод 178, контакты 1—15 ШР, перемычка, контакты *ОМ1*, контакты 1—12 ШР, провод 179, катушка вентиля *П1*, провода 195, 194, 193, 192, 191, 180, зажим 8/6, провод 1028, контакты 2М—6 ШР, «минус» цепи управления.

Цепь катушки вентиля поездного контактора *П2*: перемычка, контакты *ОМ2*, контакты 1—16 ШР, провод 182, катушка вентиля *П2*, провод 194 и далее смотри цепь вентиля *П1*.

Цепь катушки вентиля поездного контактора П4: перемычка, контакты ОМ4, контакты 1-18 ШР, провод 186, катушка вентиля П4, провод 192 и далее смотри цепь вентиля П1.

Цепь катушки вентиля поездного контактора П5: перемычка, контакты ОМ5, контакты 1-19 ШР, провод 188, катушка вентиля П5, провод 191 и далее смотри цепь вентиля П1.

Цепь катушки вентиля поездного контактора П6: перемычка, контакты ОМ6, контакты 1-20 ШР, провод 190, катушка вентиля П6, провод 180, зажим 8/9, провод 1028, контакты 2М-6 ШР, «минус» цепи управления.

Цель катушки контактора КВ (ВВ): контакт 3КМ, провод 1034, зажим 14/14, зажим 14/13, провод 1055, контакты 5-2 ШР, контакты тумблера УТ «Управление тепловозом», контакты 5-1 ШР, провод 1058, зажим 14/18, провод 1057, зажим 10/19, провода 1067, 1070, 1066, зажим 7/11, провод 1072, контакты 25-2 ШР, замыкающие контакты реле РУ2, контакты 25-3 ШР, провод 1073, замыкающие вспомогательные контакты контактора П1, провод 127, замыкающие вспомогательные контакты контактора П2, провод 130, замыкающие вспомогательные контакты контактора П3, провод 132, замыкающие вспомогательные контакты контактора П4, провод 136, замыкающие вспомогательные контакты контактора П5, провод 139, замыкающие вспомогательные контакты контактора П6, провод 143, размыкающие контакты реле Р3, провод 1673, контакты РОП, провод 147, катушка контактора КВ, провод 213, зажим 8/8, провод 1152, контакты 2М-8 ШР, минус цепи управления (провода 147, 257, катушка контактора ВВ, провода 145, 213).

1. Рассказать последовательность срабатывания аппаратов при наборе первой позиции.
2. Показать на схеме цепи катушек аппаратов, обеспечивающих трогание тепловоза.
3. Показать на схеме силовую цепь тепловоза.

7.4. ЦЕПИ НАБОРА ПОЗИЦИЙ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

Частота вращения валов дизеля изменяется путем увеличения или уменьшения затяжки всережимной пружины объединенного регулятора дизеля комбинированным переключением электромагнитов *МР1—МР4*. Переключение осуществляется изменением позиций контроллера машиниста с 1-й по 15-ю позицию. Электромагниты питаются (рис. 129) через контакты контроллера машиниста 10, 9, 8 и 2 (провода 280, 276, 271, 284) и далее на катушки *МР1—МР4* в соответствии с таблицей замыкания (табл. 36).

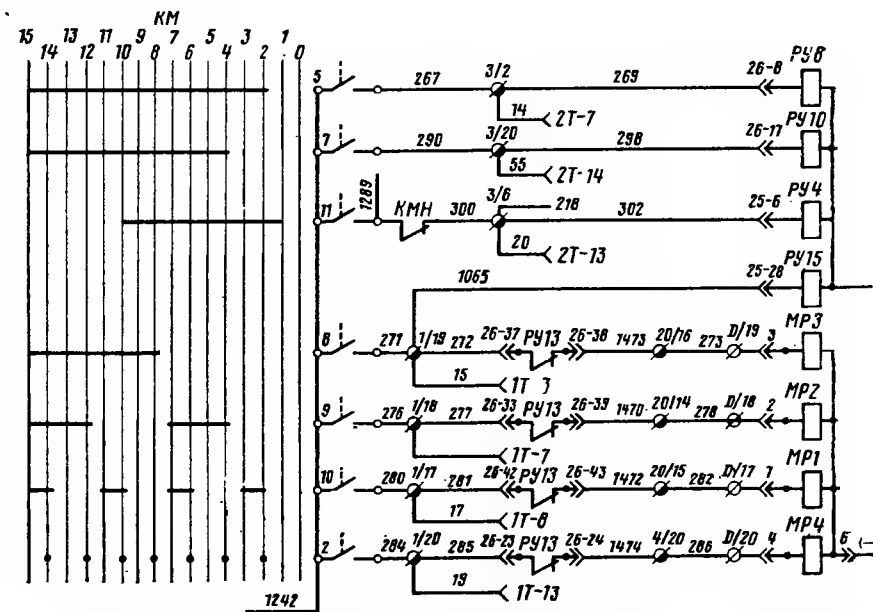


Рис. 129. Электрическая схема изменения частоты вращения валов дизеля тепловозов 2ТЭ10М, 3ТЭ10М

Таблица 36

Позиции контроллера	Катушки электромагнитов							
	MP1	MP2	MP3	MP4	РУ4	РУ8	РУ10	РУ15
1	—	—	—	—	+	—	—	—
2	+	—	—	+	+	+	—	—
3	+	—	—	—	+	+	—	—
4	—	+	—	+	+	+	+	—
5	—	+	—	—	+	+	+	—
6	+	+	—	+	+	+	+	—
7	+	+	—	—	+	+	+	+
8	—	—	+	+	+	+	+	+
9	—	—	+	—	+	+	+	+
10	+	—	+	+	+	+	+	+
11	+	—	+	—	+	+	+	+
12	—	+	+	+	—	+	+	+
13	—	+	+	—	—	+	+	+
14	+	+	+	+	—	+	+	+
15	+	+	+	—	—	+	+	+

Примечание. Здесь «+» обозначает включенное состояние аппарата, «—» — выключенное.

а) контактами 11 включается реле РУ4 с 1-й по 11-ю позицию, замыкающие контакты реле РУ4 шунтируют контакты реле РДМ2, что позволяет работать под нагрузкой с давлением масла в верхнем коллекторе ниже (0,1—0,12) МПа;

б) контактом 5 включается реле РУ8 с 2-й по 15-ю позицию, замыкающий контакт реле РУ8 разрывает цепь катушки реле РУ2, чем исключает возможность включения реле РУ2 на позициях свыше 2-й;

в) контактом 7 включается реле РУ10 с 4-й по 15-ю позицию;

г) контактом 8 включается реле РУ15 с 8-й по 15-ю позицию.

Контрольные вопросы

1. Как регулируется частота вращения коленчатого вала дизеля?
2. Показать на схеме цепи аппаратов на каждой позиции контроллера.

7.5. ЦЕПИ ВОЗБУЖДЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Регулирование скорости тепловоза и тягового усилия осуществляется путем изменения возбуждения тягового генератора и частоты вращения коленчатого вала дизеля. Цепь возбуждения тягового генератора обеспечивает автоматическое поддержание постоянства мощности в рабочем диапазоне внешней характеристики, а также ограничение его тока и напряжения при превышении их максимальных значений.

Осуществляется это совместной работой объединенного регулятора дизеля, тахометрического блока задания БТ и узла обратной связи по току и напряжению тягового генератора. Объединенный регулятор дизеля поддерживает установленную частоту вращения вала дизеля и совместно с тахометрическим блоком поддерживает заданный по позициям контроллера уровень мощности.

Узел обратной связи по току и напряжению тягового генератора состоит из трансформаторов постоянного тока *ТПТ* и напряжения *ТПН*, панелей выпрямительных мостов, селективного узла и регуляторного сопротивления *СОУ* с выходом на управляющую обмотку амплитаста возбуждения *АВ*.

Тяговый генератор имеет независимое возбуждение, его обмотка $H1-H2$ питается от возбудителя B , имеющего намагничивающую обмотку $H1-H2$ и размагничивающую $H3-H4$. Первая подключена на выход рабочей обмотки амплитата и ток в ней регулируется системой автоматического регулирования возбуждения тягового генератора. Вторая включена в общую электрическую цепь управления тепловозом и питается постоянной для каждой позиции величиной тока.

Регулирование тока возбуждения основано на зависимости выходного тока амплитата от сигналов (токов) обратной связи по току нагрузки и напряжению тягового генератора. Выходным током амплитата является ток в его рабочей обмотке $H1K1-H2K2$, после выпрямления попадающий в обмотку возбуждения возбуждателя. Значение этого тока зависит от степени намагничивания (насыщенности) сердечника амплитата, которая в свою очередь зависит от значения результирующего магнитного потока, создаваемого задающей, регулировочной, управляющей и стабилизирующей обмотками. Токи задающей и регулировочной обмоток создают намагничивающий поток одного направления, а ток управляющей обмотки создает поток противоположного направления. Стабилизирующая обмотка работает только при переходных процессах в электрической цепи.

При увеличении намагничивающей силы и насыщенности сердечника амплитата индуктивное сопротивление рабочей обмотки уменьшается, а ее выходной ток, поступающий в обмотку возбуждения возбудителя, увеличивается. Следовательно, увеличивается напряжение тягового генератора. Уменьшение насыщенности сердечника вызывает обратный процесс. Ток задающей обмотки пропорционален изменению напряжения тахометрического блока, т. е. частоте вращения вала дизеля, и ограничивается резистором CO_3 .

Обмотка управления OU амплитастата является выходной частью узла обратной связи по току и напряжению тягового генератора. Как видно из рис. 130, ток управляющей обмотки равен сумме токов i'_d и i'_u на выходе рабочих (вторичных) обмоток TPT и TPN , питающихся от распределительного трансформатора Tr . Подмагничивающей (первичной) обмоткой каждого TPT являются кабели силовой цепи, а у трансформатора TPN первичная обмотка включена на напряжение тягового генератора. Поэтому подмагничивание сердечников и выходные токи рабочих обмоток TPT и TPN прямо пропорциональны току и напряжению тягового генератора.

На рабочие обмотки *ТПТ* и выпрямительные мосты переменное

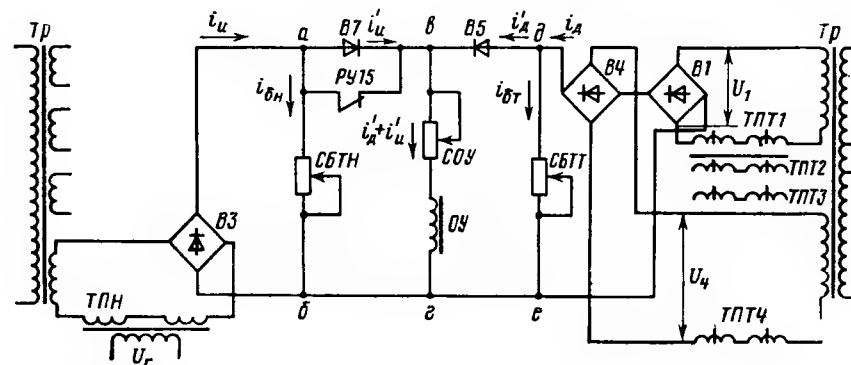


Рис. 130. Принципиальная схема узла обратной связи

напряжение подается с обмоток распределительного трансформатора. Выпрямленное напряжение через четыре последовательно соединенных моста подается на балластный резистор *СБТТ*, который вместе с диодом *В5* выполняет функцию селективного узла со стороны сигнала по наибольшему из токов тяговых электродвигателей.

Последовательно соединенные выпрямительные мосты, выделяющие наибольший из поступающих сигналов от трансформаторов *ТПТ 1—4*, называют *узлом выделения максимума*. Если ток электродвигателя в шине, проходящей через *ТПТ1* больше, чем в каждой шине остальных трансформаторов *ТПТ2—4*, то больше и его подмагничивающее действие на сердечник *ТПТ1*. Индуктивное сопротивление рабочей обмотки в этом случае будет меньше, чем у остальных, а значит, напряжение U_1 , приложенное к мосту *В1*, будет наибольшим по отношению к мосту *В4* на величину $(U_1 - U_4)$. На выходе моста *В4* суммарное значение выпрямленного напряжения будет равно выходному напряжению U_B плюс разность напряжений $(U_1 - U_4)$, т. е. результирующее напряжение будет пропорционально наибольшему из токов тяговых двигателей.

При регулировании тока, мощности и напряжения рабочая точка амплитата, характеризующая намагниченность сердечника и ток выхода, перемещается вдоль крутой части характеристики амплитата от точки *А* до точки *Д* (рис. 131). В пределах этой области кривой намагничивающие силы задающей и управляющей обмоток изменяются незначительно, а ток выхода амплитата — от минимального до максимального значения. Чем круче будет идти кривая, тем меньше требуется изменения намагничивающей силы для получения тех же значений тока выхода амплитата.

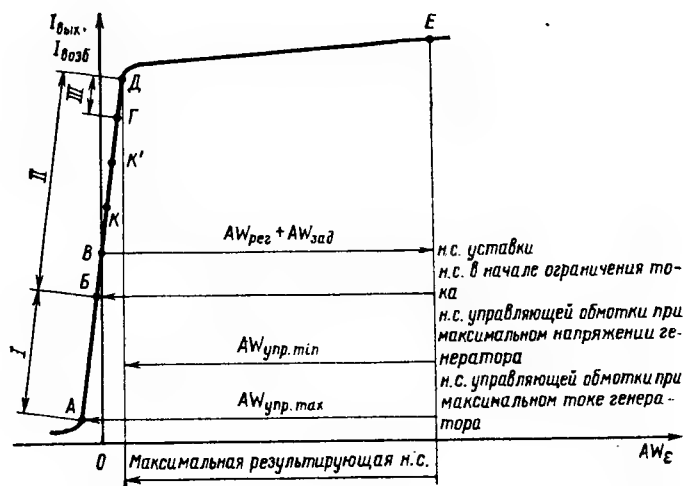


Рис. 131. Характеристика амплитата

При переходе в тяговый режим и включении контактора *ВВ* возбуждения возбудителя (первоначальный момент) ток выхода амплитата определяется намагничивающей силой задающей обмотки, во много раз превосходящей значение, необходимое для управления усилителя в пределах крутой части характеристики, следовательно, ток выхода будет максимальным. В этом случае рабочая точка *Е* будет находиться в области (см. рис. 131) насыщения сердечника амплитата.

После включения контактором *КВ* возбуждения генератора (контакты *П1—П6* включены) напряжение его должно было бы резко увеличиться, но якоря тяговых электродвигателей пока неподвижны, сопротивление обмоток тяговых двигателей мало, поэтому происходит быстрое увеличение тока в цепи тяговых электродвигателей. В это время из-за сильного подмагничивания сердечников *ТПТ* быстро увеличивается их ток выхода. В этот момент ток выхода *ТПТ* будет значительно больше, чем ток *ТПН*. Поступая в селективный узел, ток i_d (см. рис. 130) разветвляется, одна часть его $i_{6т}$ протекает по балластному резистору *ТБТТ*, вторая $i'_{д}$ — через выпрямитель *В5*, резистор *СОУ*, проходит в управляющую обмотку магнитного усилителя, создавая на этом участке падение напряжения U_{B2} . Ток выхода *ТПН*, протекая по резистору *СБТН*, также создает на нем падение напряжения. Так как ток $i_{6н}$ мал, то это падение напряжения значительно меньше того, которое создано на обмотке управления током от *ТПТ*. Потенциал в точке *в* значительно выше, чем в точке *а*, и ток стремится протекать от *в* к *а*, но в этом направлении диод *В7* заперт. Поэтому при большом токе тягового генератора ток от *ТПН* не проходит в управляющую обмотку, *ТПН* и *СБТН* как бы отключены, и управляющая обмотка питается только от *ТПТ*. По мере роста тока тяговых электродвигателей и генератора ток в управляющей обмотке возрастает, а намагничивающая сила, равная разности намагничивающих сил задающей и управляющей обмоток, уменьшается. При уменьшении результирующей намагничивающей силы и условном смещении рабочей точки по характеристике амплитата от точки *Е* до точки *Д* ток выхода амплитата изменяется незначительно. Дальнейшее увеличение тока нагрузки и уменьшение результирующей намагничивающей силы (см. рис. 131) ведут к резкому уменьшению тока выхода амплитата, а следовательно, и к уменьшению напряжения тягового генератора. В точке *В* характеристики намагничивающая сила управляющей обмотки равна намагничивающей силе задающей обмотки (намагничивающей силе уставки), но ток выхода амплитата в обмотке возбуждения достаточно высок. Дальнейшее возрастание тока тяговых электродвигателей приводит к тому, что намагничивающая сила управляющей обмотки превысит на некоторое значение намагничивающую силу уставки, и рабочая точка займет положение точки *А*. В этой точке ток выхода амплитата становится достаточно малым. Для более полной нейтрализации тока выхода амплитата и возбуждения возбудителя используется размагничивающая обмотка возбудителя. Ее магнитный поток при

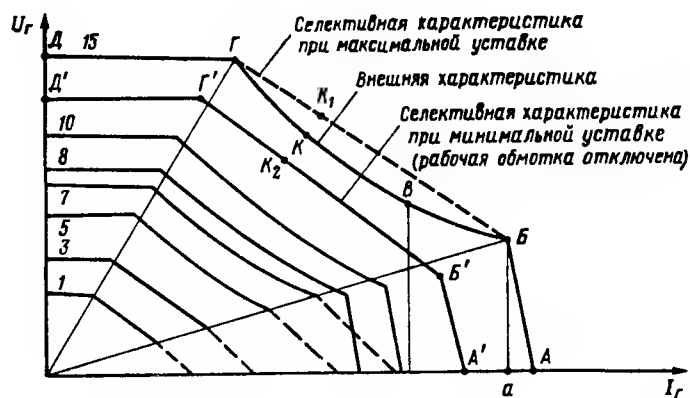


Рис. 132. Внешняя характеристика тягового генератора тепловозов 2ТЭ10М, 3ТЭ10М

нормальном режиме возбуждения направлен встречно магнитному потоку намагничивающей обмотки возбуждения. Это позволяет при малом токе рабочей обмотки амплитата добиться значительного уменьшения тока возбуждения возбудителя, а значит, и напряжения тягового генератора. Значение напряжения становится близким к нулевому значению и полностью падает на сопротивление силовой цепи, т. е. ток генератора ограничен.

Когда якоря тяговых электродвигателей начинают вращаться и тепловоз трогается, на зажимах электродвигателей появляется и начинает расти противо-э.д.с., ток в силовой цепи, пропорциональный разности напряжения тягового генератора и противо-э.д.с. электродвигателей, начинает снижаться. Ток в управляющей обмотке амплитата также будет уменьшаться, результирующая намагничивающая сила начнет увеличиваться и рабочая точка амплитата переместится по характеристике вверх к точке Б (см. рис. 131). Благодаря большой крутизне характеристики амплитата незначительное уменьшение намагничивающей силы управляющей обмотки ведет к резкому возрастанию тока выхода, а следовательно (отрезок Аа). Таким образом ток тягового генератора на протяжении при разгоне тепловоза будет компенсировать увеличение противо-э.д.с. тяговых электродвигателей и препятствовать существенному изменению их тока. На внешней характеристике генератора (рис. 132) видно, что при увеличении напряжения в несколько раз (от точки А к точке Б) ток генератора изменяется незначительно (отрезок Аа). Таким образом ток тягового генератора на участке АБ внешней характеристики поддерживается до определенной скорости движения практически постоянным. Следовательно, на этом участке внешней характеристики будут постоянными или незначительно уменьшаться токи в резисторе СБТТ и управляющей обмотке, а также поддерживаться постоянным падение напряжения $U_{вг}$ (см. рис. 130) селективного узла. Повышение

напряжения генератора приводит к возрастанию тока на выходе ТПН, а следовательно, возрастает падение напряжения на резисторе СБТН и потенциал точки а (см. рис. 130) селективного узла. Величина сопротивления резистора СБТН регулируется так, чтобы при токе, соответствующем точке Б внешней характеристики генератора, потенциал в точке а селективного узла был равен потенциалу в точке в.

С этого момента ток i'_u с выхода ТПН начинает протекать через выпрямитель В7, и в управляющей обмотке амплитата будет суммарный ток i'_d и i'_u от трансформаторов ТПТ и ТПН. При дальнейшем повышении скорости тепловоза работа генератора будет определяться участком ГБ внешней характеристики, а на характеристике амплитата это будет участок БД (см. рис. 131).

Из характеристики амплитата видно, что результирующая намагничивающая сила на участке кривой БД изменяется незначительно, а ток выхода амплитата и напряжение тягового генератора изменяются очень сильно. Намагничивающая сила уставки постоянна, следовательно, незначительно изменяются намагничивающая сила и ток управляющей обмотки. Падение напряжения $U_{вг}$ (см. рис. 130) от этого тока также будет практически постоянным и равным $U_{ав}$ и $U_{де}$ на балластных резисторах. Это равенство при увеличении напряжения генератора и тока i'_u с выхода ТПН может поддерживаться только за счет соответствующего изменения тока нагрузки генератора и тока i'_d с выхода ТПТ, т. е. увеличение доли тока i'_u в управляющей обмотке будет компенсироваться таким же уменьшением доли тока i'_d . Таким образом, начиная с точки Б внешней характеристики и выше, ограничение и поддержание постоянной величины тока генератора прекращаются. Под действием амплитата при увеличении скорости тепловоза и противо-э.д.с. тяговых электродвигателей напряжение генератора растет в той мере, в какой уменьшается ток нагрузки. В результате на участке БГ внешней характеристики получается прямолинейная наклонная характеристика, называемая селективной.

В точке Г характеристики ток в управляющей обмотке от трансформатора ТПН становится настолько большим, что потенциал в точке в селективного узла превышает потенциал в точке д и трансформатор ТПТ отключается, а доля тока от ТПТ в управляющей обмотке становится равной нулю, а весь ток ТПТ проходит через резистор СБТТ. Величину этого резистора подбирают так, чтобы при токе генератора, соответствующем точке Г внешней характеристики, ток на выходе ТПТ создавал падение напряжения $U_{де}$, равное падению напряжения $U_{вг}$ в цепи управляющей обмотки. Участок ГД внешней характеристики соответствует ограничению напряжения. Как было показано ранее, на характеристике амплитата в точке Д ток выхода практически наибольший, так как точка Д лежит на границе насыщения амплитата, и ток выхода может увеличиваться незначительно. При дальнейшем росте скорости движения тепловоза соответственно должно возрасти напряжение и уменьшится ток тягового генератора. Уменьшение тока

нагрузки на формирование внешней характеристики не сказывается, так как трансформатор *ТПТ* отключен, поэтому увеличение напряжения может вызвать только увеличение тока i'_u от трансформатора *ТПН*.

При увеличении тока i'_u трансформатора *ТПН* результирующая намагничивающая сила будет уменьшаться, следовательно, уменьшится ток выхода амплитата, а это приведет к уменьшению напряжения тягового генератора. Следовательно, любое повышение напряжения генератора в диапазоне *ДГ* внешней характеристики вызывает увеличение тока в обмотке управления, что влечет уменьшение тока выхода и соответственно снижение напряжения генератора. Таким образом, возбуждение и напряжение генератора будут практически оставаться постоянными.

Прямолинейная характеристика генератора на участке *БГ* указывает на равенство мощности дизеля и генератора только в точках перегиба *Б* и *Г*. В остальных точках она будет проходить выше характеристики постоянной мощности генератора. Если мощность генератора будет выше мощности дизеля, то будет перегрузка дизеля с «просадкой» частоты вращения вала. Дополнительная перегрузка возникает и при включении компрессора и вентилятора охлаждения дизеля. Чтобы дизель работал с номинальной мощностью и номинальной частотой вращения вала, на всех режимах применена система дополнительного регулирования мощности с помощью объединенного регулятора.

На четвертой позиции контроллера замыкающие контакты реле *РУ10* подключают регулировочную обмотку амплитата к источнику питания через обмотку индуктивного датчика объединенного регулятора дизеля. При перегрузке дизеля, например, напряжение и ток генератора соответствуют точке *К₁*, находящейся выше характеристики (см. рис. 132) частота вращения его вала уменьшится, и объединенный регулятор втянет якорь индуктивного датчика внутрь катушки, увеличивая сопротивление цепи и уменьшая ток в цепи регулировочной обмотки амплитата. При уменьшении намагничивающей силы установки ($AW_{\text{рег}} + AW_{\text{зад}}$) результирующая намагничивающая сила и ток выхода уменьшаются. Рабочая точка (см. рис. 131) будет перемещаться вниз из точки *К'* в точку *К* характеристики амплитата. При уменьшении возбуждения соответственно уменьшаются напряжение и мощность генератора, что отразится на токе выхода управляющей обмотки — он тоже будет уменьшаться. При равенстве мощности дизеля и тягового генератора частота вращения вала дизеля становится номинальной и объединенный регулятор приостанавливает перемещение датчика, в результате чего рабочая точка займет положение точки *К* на характеристике амплитата.

При недогрузке дизеля (увеличение частоты вращения вала дизеля) якорь индуктивного датчика выдвигается из катушки, увеличивая ток в регулировочной обмотке, увеличивается суммарная намагничивающая сила, увеличивается ток выхода амплитата,

возбуждение и мощность генератора увеличиваются, частота вращения вала дизеля уменьшается. При равенстве мощности дизеля и генератора частота вращения вала дизеля становится номинальной, и объединенный регулятор приостанавливает перемещение датчика.

Таким образом, в результате действия объединенного регулятора дизеля внешняя характеристика генератора корректируется, приближаясь к гиперболической, при работе на которой полностью используется свободная мощность дизеля.

Описанный принцип регулирования возбуждения тягового генератора осуществляется на всех позициях контроллера машиниста, за исключением 1—3, на которых отключена регулировочная обмотка амплитата и в цепь задающей обмотки введены добавочные ступени резистора *СОЗ*.

Цепь возбуждения тягового генератора (рис. 133): зажим *Я1* возбудителя, провод 923, шунт 117, провод 483, замыкающие параллельно соединенные главные контакты контактора *КВ*, провод 486, независимая обмотка возбуждения *Н1—Н2* тягового генератора, провод 482, зажим *Д2* возбудителя.

Цепь возбуждения подвозбудителя СПВ: зажим 1/4, провод 404, замыкающие главные контакты контактора *ВВ*, провод 744, зажим 10/13, провод 410, резистор *СВПВ*, провод 435, зажим 10/10, провод 438, обмотка возбуждения *И1—И2*, провод 437, зажим 9/3, провод 436, контакты *3М—3 ШР*, общий минус.

Цепь питания первичной обмотки распределительного трансформатора ТР: зажим *С1* синхронного подвозбудителя *СПВ*, провод 448, зажим 4/16, провод 449, контакты 2—19 *ШР*, контакт 5 аварийного переключателя *АР*, контакты 2—21 *ШР*, провод 977, зажим 5/10, провод 455, зажим 4, первичная обмотка распределительного трансформатора *ТР*, зажим 1, провод 450, зажим 10/11, провод 447, зажим *С2* синхронного подвозбудителя *СПВ*.

Цепь задающей обмотки амплитата: задающая обмотка *НЗ—К3* получает питание от синхронного подвозбудителя через тахометрический блок *ТБ*. Цепь переменного тока тахометрического блока: зажим *С1* синхронного подвозбудителя, провод 448, зажим 4/16, провод 449, контакты 2—19 *ШР*, контакты 5 аварийного переключателя *АР*, контакты 2—21 *ШР*, провод 977, зажим 5/10, провод 756, контакты 4,1 *ШР* блока, провод 743, резистор *СБТ*, провод 759, зажим 3/12, провод 755, зажим 10/11, провод 447, зажим *С2* синхронного возбудителя.

Цепь выпрямленного тока: контакт 2 *ШР* блока, провод 1143, зажим 5/11, провод 1042, контакты 26—30 *ШР*, размыкающие контакты реле *РУ17*, контакты 26—6 *ШР*, провод 419, зажим 5/5, провода 1344, 424, резистор *СОЗ*, провод 443, задающая обмотка *НЗ—К3* амплитата, провод 444, зажим 9/17, провод 496, шунт 115, провод 740, контакт 3 *ШР* тахометрического блока.

Начиная со 2-й позиции контроллера, замыкающие контакты реле *РУ8* шунтируют первую ступень резистора *СОЗ* и ток на задающую обмотку поступает: размыкающие контакты *РУ17*, замы-

провод 477, первичная обмотка СТр, провод 476, зажим Д2 возбуждителя. Цепь вторичной обмотки: зажим Н2 вторичной обмотки СТр, провод 979, стабилизирующая обмотка амплистата, провод 456, зажим К2 вторичной обмотки трансформатора СТр.

Цепь независимого возбуждения возбуждителя. Первый полупериод: вывод 3 распределительного трансформатора, провод 446, рабочая обмотка амплистата Н2—К2, провод 472, контакт 5 ШР, диод панели БВ2, контакт 6 ШР, провод 475, шунт 116, провод 468, обмотка независимого возбуждения Н1—Н2 возбуждителя, провод 469, зажим 9/9, провод 474, контакт 8 ШР, диод, контакт 7 ШР, провод 445, вывод 1 распределительного трансформатора. Второй полупериод: вывод 1 распределительного трансформатора, провод 445, контакт 7 ШР, диод, контакт 6 ШР, провод 475, шунт 116, провод 468, независимая обмотка возбуждения Н1—Н2 возбуждителя, провод 469, зажим 9/9, провод 474, контакт 8 ШР, диод, контакт 9 ШР, рабочая обмотка Н1—К1 амплистата, провод 446, вывод 3 распределительного трансформатора.

Цепь размагничивающей обмотки возбуждителя: зажим 1/4, провод 404, замыкающие главные контакты контактора ВВ, провод 405, контакты 2—25 ШР, контакт 1 аварийного переключателя АР, контакты 2—23 ШР, провод 460, шунт 115, провод 467, размагничивающая обмотка возбуждителя Н4—Н3, провод 466, резистор СВВ, провод 458, контакты 2—20 ШР, контакт 3 АР, контакты 2—22 ШР, провод 434, зажим 8/20, провод 439, контакты 2М—20 ШР, общий «минус».

Цепь рабочих обмоток трансформатора постоянного напряжения. Первый полупериод (рис. 134): зажим 6 распределительного трансформатора ТР, провод 1091, рабочие обмотки ТПН, провод 1094, контакт 8 ШР, диод выпрямителя В4, контакт 16 ШР, провод 1093, резистор СБТН, провода 1137, 1096, контакт 11 ШР, диод выпрямителя В4, контакт 7 ШР, провод 1092, зажим 5 распределительного трансформатора ТР. Второй полупериод: зажим 5ТР, провод 1092, контакт 7 ШР, диод выпрямителя В4, контакт 16 ШР, резистор СБТН, провода 1137, 1096, контакт 11 ШР, диод выпрямителя В4, контакт 8 ШР, провод 1094, рабочие обмотки ТПН, провод 1091, вывод 6 распределительного трансформатора.

Обмотка управления ТПН получает питание: провода 537, 508, резистор СТН, провод 497, обмотка управления НУ—КУ, провод 498, шунт 104 и далее на «минус» тягового генератора.

Цепь трансформаторов постоянного тока. Рабочие обмотки трансформаторов тока получают питание от распределительного трансформатора: выводы 9, 10 трансформатора ТПТ-1, выводы 7, 8 трансформатора ТПТ-2, выводы 11—12 трансформатора ТПТ-3 и выводы 3, 4 трансформатора ТПТ-4. Ниже приводится цепь рабочей обмотки ТПТ-1.

Цепь рабочей обмотки ТПТ-1. Первый полупериод: зажим 10 ТР, провод 1076, обмотка 1—2 ТПТ-1, контакт 6 ШР, диод выпрямителя В3, перемычка, контакт 12 ШР, провод 1095, резистор СБТТ, провод 1096, контакт 11 ШР, перемычка, последовательно

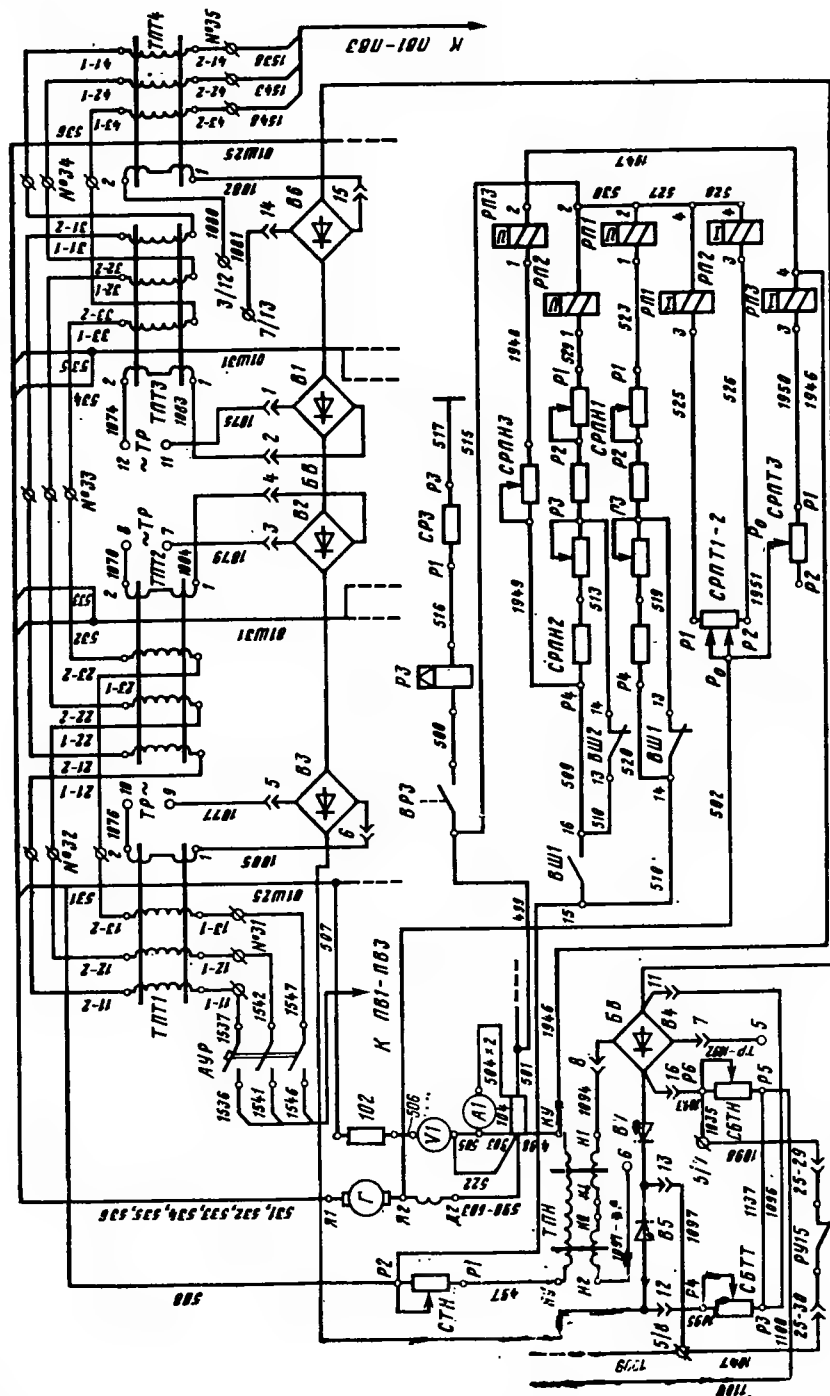


Рис. 134. Схема цепи селективного узла и реле переходов

соединенные выпрямители $B6, B1, B2$, диод выпрямителя $B3$, контакт $5ШР$, провод 1077 , вывод $9ТР$. Во второй полупериод ток будет иметь противоположное направление. Роль обмоток управления для $ТПТ$ выполняют шины, подводящие ток к тяговым двигателям.

Контрольные вопросы

1. Рассказать, как взаимодействуют между собой элементы системы возбуждения возбудителя.
2. Рассказать, как происходит регулирование тока и напряжения тягового генератора при трогании.
3. Рассказать, как регулируется и поддерживается постоянная мощность тягового генератора на гиперболической части внешней характеристики.
4. Рассказать, как ограничивается напряжение тягового генератора.
5. Показать на схеме цепь возбуждения тягового генератора.
6. Объяснить назначение и показать цепь возбуждения подвозбудителя $СПВ$.

7.6. ЦЕПИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ПУТЕМ ОСЛАБЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ослабление возбуждения тяговых двигателей применяется для расширения диапазона регулирования скорости движения тепловозов при постоянной мощности дизель-генераторной установки. В любой момент времени напряжение тягового генератора уравновешивается противо-э. д. с. двигателей и падением напряжения на сопротивлении силовой цепи (сопротивление соединительных кабелей, обмоток якорей главных и добавочных полюсов электродвигателей). При разгоне поезда темп роста противо-э. д. с. оказывается выше темпа уменьшения падения напряжения на сопротивлении силовой цепи, поэтому в соответствии с формулой $U_{тг} = I \Sigma R + E_d$ напряжение тягового генератора возрастет. Увеличение напряжения и уменьшение тока на участке $БКГ$ внешней характеристики тягового генератора (см. рис. 132) осуществляются системой автоматического регулирования так, что мощность генератора (произведение тока на напряжение) постоянна, при этом мощность дизеля используется полностью. Разгон поезда при номинальной мощности генератора и дизеля будет осуществляться до тех пор, пока ток и напряжение не достигнут значения, соответствующего точке $Г$ на внешней характеристике. Если в этой точке сила тяги будет превышать величину сил сопротивления, то скорость будет продолжать расти, но темпы ее роста замедлятся. Зона $ГД$ характеризует такой режим работы тягового генератора, когда снижение величины тока не вызывает соответствующего увеличения напряжения. В итоге мощность тягового генератора снижается, нарушается равновесие между мощностями генератора и дизеля и регулятором частоты вращения, ставятся рейки топливных насосов на меньшую подачу топлива. В результате этого мощность дизеля уменьшится и станет равной мощности

генератора. Одновременно сила тяги, развиваемая тяговыми двигателями, также начнет уменьшаться, так как напряжение на двигателях практически не растет, а ток уменьшается. Если в точке $Г$ было некоторое превышение силы тяги над силами сопротивления движению, то на участке $ГД$ за счет указанных причин быстро наступит равновесное состояние. При нем сила тяги уравновешивается силами сопротивления движению, и увеличение скорости движения прекращается. Таким образом, любой режим работы тягового генератора на участке $ГД$ будет характеризоваться резервом мощности дизеля, но реализовать этот резерв для увеличения скорости движения невозможно из-за ограничения напряжения тягового генератора.

Если включить резистор параллельно обмотке возбуждения тягового двигателя в тот момент, когда режим работы генератора соответствует точке $Г$ на внешней характеристике, то при этом произойдет следующее. Магнитный поток возбуждения тягового двигателя, пропорциональный току, проходящему по обмотке возбуждения, и числу витков обмотки, уменьшится, так как часть тока якоря пойдет по шунтирующему резистору. Это в свою очередь приведет к уменьшению противо-э. д. с. тяговых двигателей $E = C\Phi n$; так как скорость локомотива мгновенно не может измениться, то противо-э. д. с. будет уменьшаться пропорционально уменьшению магнитного потока возбуждения. В связи с уменьшением противо-э. д. с. начнет увеличиваться ток тяговых двигателей, так как ток в цепи вращающегося якоря электродвигателя с последовательным возбуждением зависит от разности приложенного напряжения и противо-э. д. с., т. е. $I_d = \frac{U - E_d}{R_d}$. Система автоматического регулирования, поддерживающая мощность генератора постоянной, компенсирует возрастание тока соответствующим уменьшением напряжения. Следовательно, включение шунтирующих обмотку возбуждения резисторов переводит режим работы тягового генератора из области ограничения напряжения на гиперболическую часть внешней характеристики, где мощность дизеля используется полностью. Поскольку режим работы тепловоза при номинальной мощности дизеля имеет самые высокие технико-экономические показатели, переход на ослабление возбуждения тяговых двигателей осуществляется автоматически.

На тепловозе используется двухступенчатое ослабление возбуждения тяговых электродвигателей при помощи реле переключения $РП1$ и $РП2$. Эти реле управляют контакторами $ВШ1$ и $ВШ2$, включающими резисторы шунтировки $СШ1—СШ6$ первой и второй ступеней ослабления возбуждения.

Катушки напряжения реле включены через регулировочные резисторы $СРПН1$ и $СРПН2$ на напряжение тягового генератора, и ток в катушках напряжения реле пропорционален напряжению генератора. Токковые катушки реле подключены через резистор $СРПТ$ параллельно участку силовой цепи тягового генератора, ток в них пропорционален току тягового генератора и вместе с

возвратной пружиной удерживает якорь реле в отключенном состоянии.

При увеличении скорости тепловоза возрастает напряжение тягового генератора, уменьшается ток и при скорости 39—44 км/ч под действием катушки напряжения реле РП1 срабатывает, а при скорости движения тепловоза 55—65 км/ч срабатывает реле РП2.

Цепь катушки напряжения РП1 (см. рис. 134): вывод Я1 тягового генератора, кабели 531, 537, 508, 501, 518, 520, резистор СРПН1, провод 523, катушка напряжения РП1, провода 530, 515, 499, шунт 104, кабели 598—603, 623, «минус» тягового генератора.

Цепь токовой катушки реле РП1: шунт 104, провода 499, 515, 530, 527, токовая катушка РП1, провод 525, резистор СРПТ1-2, провод 502, вывод Я2 тягового генератора.

Цепь катушки напряжения РП2: провод 501, замыкающие контакты контактора ВШ1, провод 509, резистор СРПН2, провод 529, катушка напряжения РП2, провода 515, 499, шунт 104.

Цепь токовой катушки реле РП2: шунт 104, провода 499, 515, 530, 527, 528, токовая катушка РП2, провод 526, резистор СРПТ2, провод 502, вывод Я2 тягового генератора.

Цепь катушки вентиля ВШ1 (рис. 135): контакты 7КМ, замкнутые с 4-й позиции, провод 259, контакты 5—10 ШР, контакты тумблера ТУП, контакты 5—11 ШР, провод 260, зажим 11/5, провод 261, зажим 4/6, провода 1944, 157, замыкающие контакты РП1, провод 264, зажим 9/20, провод 262, размыкающие контакты реле РВ4, провод 1945, контакты 25—39 ШР, замыкающие контакты реле РУ2, контакты 25—40 ШР, провод 266, зажим 9/19, провод 1061, катушка вентиля ВШ1, провод 265, зажим 9/7, провод 1020, контакты 3М—7ШР, общий «минус».

Цепь катушки вентиля ВШ2: зажим 4/6, провод 1944, замыкающие контакты реле РП2, провод 263, зажим 10/9, провод 1330, размыкающие контакты реле РВ4, провод 737, катушка вентиля ВШ2, провод 1931, замыкающие контакты реле РУ16, провода 1932, 381, зажим 8/19, провод 1176, контакты 2М—19ШР, общий «минус».

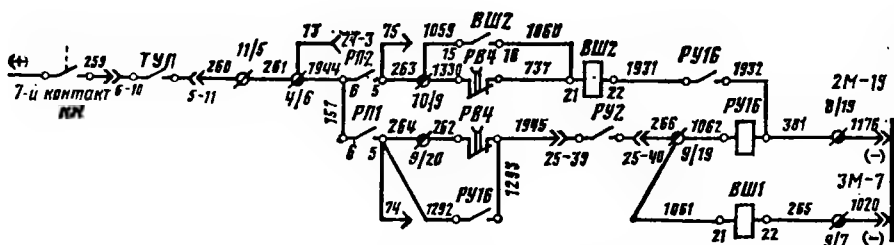


Рис. 135. Электрическая схема цепи катушек контакторов ослабления возбуждения тяговых электродвигателей тепловозов 2ТЭ10М, 3ТЭ10М

Контрольные вопросы

1. Объяснить назначение ослабления возбуждения тяговых электродвигателей.
2. Объяснить назначение и показать на схеме цепи катушек реле РП1 и РП2.
3. Показать на схеме цепи катушек ВШ1 и ВШ2.

7.7. КОМПЛЕКСНОЕ ПРОТИВОБОКСОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Для улучшения противобоксовочных свойств электрической передачи тепловоза ТЭ10М предусмотрено следующее:

1. Жесткая динамическая характеристика тягового генератора по напряжению.
2. Снижение мощности тягового генератора при срабатывании реле боксования путем уменьшения подмагничивания амплитата с восстановлением этой мощности спустя выдержку времени после прекращения боксования.
3. Дополнительное снижение мощности тягового генератора при срабатывании реле боксования путем включения регулятора мощности с постепенным восстановлением мощности спустя выдержку времени после прекращения боксования.
4. Исключение возможности срабатывания реле переключения при боксовании колесных пар тепловоза.
5. Увеличение чувствительности защиты от боксования при ослабленном возбуждении тяговых двигателей.
6. Выключение контакторов возбуждения возбудителя ВВ и возбуждения генератора КВ при сильном боксовании колесных пар тепловоза и срабатывании реле РБ2, РБ3 или РП3 в режиме ослабления возбуждения второй ступени.
7. Уравнивательные соединения между тяговыми электродвигателями.
8. Отсутствие ограничения тягового тока при низких позициях контроллера машиниста.

Жесткая динамическая характеристика тягового генератора по напряжению. При боксовании одной или нескольких колесных пар тепловоза резко увеличивается противо- э. д. с. тяговых двигателей этих колесных пар за счет увеличения частоты вращения якорей. При неизменном напряжении тягового генератора ток нагрузки этих двигателей будет уменьшаться. Уменьшение тока боксующих двигателей приводит к уменьшению тока нагрузки тягового генератора. Система автоматического регулирования возбуждения в этом случае будет стремиться поддержать мощность генератора в пределах гиперболической части внешней характеристики, т. е. уменьшение тока будет компенсироваться соответствующим увеличением напряжения. Увеличение напряжения тягового генератора вызовет увеличение тока и силы тяги у небоксующих тяговых двигателей, что может привести к развитию бок-

сования у ранее небоксующих колесных пар. Чтобы этого не произошло, система автоматического регулирования возбуждения обеспечивает в момент возникновения боксования неизменность напряжения тягового генератора. В результате этого сила тяги электродвигателей небоксующих колесных пар остается неизменной, а у электродвигателей боксующих колесных пар сила тяги уменьшится за счет уменьшения тока, что может привести к восстановлению сцепления и прекращению боксования.

Для получения характеристик тягового генератора с неизменным или мало изменяющимся напряжением при боксовании применяется система регулирования возбуждения от сигнала, пропорционального наибольшему току тяговых двигателей небоксующих колесных пар. Формируют этот сигнал трансформаторы *ТПТ-1-4* с выпрямительными мостами на выходе (см. рис. 133). Трансформатор *ТПТ-1* формирует сигнал от тока 1 двигателя, трансформатор *ТПТ-2* от 2 и 3 двигателей; трансформатор *ТПТ-3* от 4 и 5 двигателей; трансформатор *ТПТ-4* от 6 двигателя. Сигналы (токи) от трансформатора *ТПТ* поступают на выпрямительные мосты *В1—В3*, *В6*, соединенные последовательно, поэтому на выходе выпрямительных мостов будет сигнал, пропорциональный наибольшему из токов тяговых двигателей. Естественно, что в случае боксования это может быть ток, пропорциональный току тягового электродвигателя небоксующей колесной пары.

Ток выпрямительных мостов подается через селективный узел на управляющую обмотку амплитата, туда же подается и ток от трансформатора *ТПН*, пропорциональный напряжению тягового генератора. Так как ток тягового двигателя небоксующих колесных пар остается практически неизменным, то и ток в управляющей обмотке не изменится. Следовательно, не изменятся выходной ток амплитата в обмотке возбуждения возбудителя и напряжение тягового генератора. При боксовании тяговый генератор будет иметь жесткие динамические характеристики по напряжению.

Снижение мощности тягового генератора при боксовании. Если начавшееся боксование колесной пары не самоликвидировано действием жестких динамических характеристик генератора, то оно прекращается после срабатывания реле боксования.

Тяговые двигатели тепловоза через вспомогательные контакты поездных контакторов соединены с блоком выпрямителей *БДС*, который производит сравнение поступающих сигналов и пропускает наибольший в данный момент. Управляющими сигналами являются разности падений напряжений на обмотках главных и добавочных полюсов тяговых двигателей. Уменьшение тока в цепи электродвигателя боксующей колесной пары уменьшает падение напряжения на обмотках главных и добавочных полюсов данного тягового двигателя.

В это время падение напряжения на обмотке возбуждения тягового электродвигателя небоксующей колесной пары остается прежним. При возникновении боксования вначале срабатывает реле

РБ1, его замыкающие контакты (провода *1037*, *1048*) создадут цепь на катушку реле *РУ17*. Реле *РУ17* сработает, и его размыкающий контакт (провод *1042*) введет часть резистора *СНН* в цепь задающей обмотки амплитата, снижая мощность на 50—55%. Замыкающий контакт *РУ17* (провода *1039*, *1051*) создает цепь на катушку реле времени *РВ4*, реле *РВ4* сработает, и его размыкающий с выдержкой времени на замыкание контакт разорвет цепь питания катушек вентилей *ВШ1* и *ВШ2* и тем самым исключит включение контакторов шунтировки во время боксования.

Другой замыкающий контакт реле *РУ17* (провод *1331*) включает электромагнит *МР5* объединенного регулятора дизеля, принудительно выводящий индуктивный датчик на минимальный упор, после чего мощность генератора снижается на 10—15%. Этим исключается отрицательное воздействие регулятора дизеля на возбуждение тягового генератора при боксовании, так как при снижении мощности регулятор стремится загрузить дизель, выводя индуктивный датчик на максимальный упор и увеличивая ток в регулировочной обмотке амплитата.

Если полученное после срабатывания реле *РБ1* снижение мощности генератора оказывается недостаточным для прекращения боксования, то происходит дальнейший рост разности потенциалов между точками подключения катушек реле боксования и включается реле *РБ2*. Замыкающие контакты реле *РБ2* (провода *1040*, *1044*) создают цепь на катушку реле *РУ5* и *РВ5*. Реле *РУ5* срабатывает и его замыкающие контакты (провод *1045*) создают цепь на катушку реле *РУ17*, реле *РУ17* срабатывает. Замыкающий с выдержкой времени на размыкание контакт реле *РВ5* (провода *1171*, *1174*) шунтирует часть резистора *СОУ*, увеличивая ток в управляющей обмотке амплитата, и тем самым снижает мощность тягового генератора до 20—25% номинальной.

После отключения реле боксования (боксование колесных пар прекратилось) восстановление мощности тягового генератора происходит постепенно. Сначала при отключении реле *РУ17* за счет шунтирования резистора *СНН* увеличивается ток в задающей обмотке и происходит частичное восстановление мощности генератора, одновременно разрывается цепь питания магнита *МР5* и с учетом замедленного действия объединенного регулятора вступает в работу регулировочная обмотка амплитата. Через 30 с разрывается контакт реле времени *РВ5* (провода *1171*, *1174*), и вводится часть сопротивления *СОУ* в цепь питания управляющей обмотки. Ток в обмотке уменьшается и происходит дальнейшее восстановление мощности тягового генератора.

Цепь катушки реле боксования РБ1 (рис. 136): якорь тягового электродвигателя 1, провод *1101*, замыкающий вспомогательный контакт контактора *П1*, провод *1314*, контакты *9ШР*, блок выпрямителей *БДС*, якорь тягового электродвигателя 2, провод *1112*, замыкающий вспомогательный контакт контактора *П2*, провод *1315*, контакты *2ШР*, блок *БДС*; якорь тягового электродви-

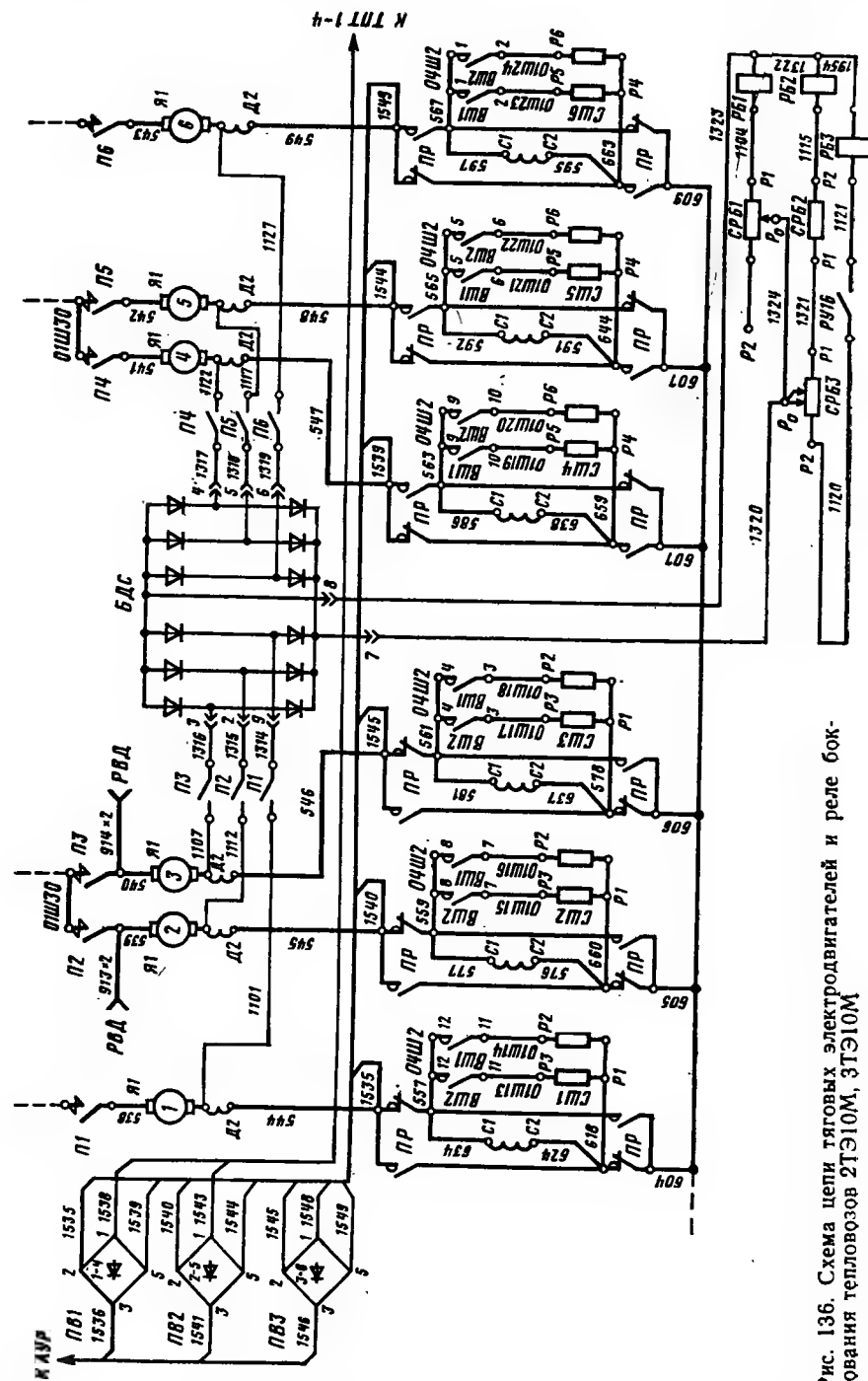


Рис. 136. Схема цепи тяговых электродвигателей и реле боксования тепловозов 2ТЭ10М, 3ТЭ10М

гателя 3, провод 1107, замыкающий вспомогательный контакт контактора ПЗ, провод 1316, контакты 3ШР, блок БДС; якорь тягового электродвигателя 4, провод 1122, вспомогательный контакт контактора П4, провод 1317, контакт 4ШР, блок БДС; якорь тягового электродвигателя 5, провод 1117, замыкающие вспомогательные контакты контактора П5, провод 1318, контакты 5ШР, блок БДС; якорь тягового электродвигателя 6, провод 1127, вспомогательные замыкающие контакты контактора П6, провод 1319, контакты 6ШР, блок БДС, контакты 7ШР, провода 1320, 1324, резистор СРБ1, провод 1104, катушка реле РБ1, провод 1323, контакты 8ШР, блок БДС.

Цепь катушки реле боксования РБ2: провод 1320, резистор СРБ3, провод 1321, резистор СРБ2, провод 1115, катушка реле РБ2, провода 1322, 1323, контакты 8ШР, блок БДС.

Цепь катушки реле РУ17 (см. рис. 128): зажим 5/16, провод 1037, замыкающие контакты реле РБ1, провод 1048, контакты 25—14 ШР, катушка реле РУ17, «минус» цепи управления.

Цепь катушки реле РБ5 (см. рис. 128): зажим 5/16, провода 1037, 1040, замыкающие контакты реле РБ2, провод 1044, зажим 4/5, провод 1556, зажим 25/10, провод 1561, размыкающие контакты АУР, провод 1563, зажим 25/8, провод 1557, зажим 3/11, провод 1325, катушка реле РБ5, («минус» ВГ провода 1337, 1046, 1326, зажим 9/4, провод 1329, контакты 3М-4ШР, общий «минус»).

Работа противобоксовочного устройства при ослаблении поля возбуждения тяговых двигателей. Для увеличения чувствительности противобоксовочного устройства при ослабленном возбуждении тяговых двигателей замыкающим контактом реле РУ16 включается в работу более чувствительное реле РБ3.

Реле РУ16 включается замыкающим контактом РП1 вместе с контактором ослабления поля ВШ1. При срабатывании реле РБ3 его замыкающий контакт (провода 1959, 1960) собирает цепи питания катушек реле РУ5 и РБ5, контакты которых при работе на первой ступени ослабления поля производят переключение в электрической цепи, аналогичное описанному ранее.

На второй ступени ослабления поля при срабатывании РБ3 размыкающими контактами реле РУ5 (провод 115) разрывается цепь катушки реле РУ2 (размыкающие вспомогательные контакты ВШ2 на второй ступени ослабления возбуждения разомкнуты). Реле РУ2 отключается и замыкающими контактами (провода 1072, 1073) разрывается цепь катушек КВ и ВВ, т. е. происходит полное снятие напряжения и нагрузки с тягового генератора.

Работа противобоксовочного устройства при превышении конструкционной скорости или синхронном боксовании колесных пар. Для ограничения скорости вращения якорей тяговых электродвигателей при синхронном боксовании всех шести колесных пар или превышении конструкционной скорости в цепь противобоксовочного устройства введено реле ограничения скорости РПЗ. Ток срабатывания РПЗ на 15-й позиции контроллера машиниста устанавливается равным 2250—2600 А. Такая настройка обеспечивает

срабатывание защиты при скорости движения тепловоза 100—110 км/ч.

При включении РПЗ его замыкающий контакт (провода 1952, 1953) создает цепи питания катушек реле РУ5 и РВ5. Реле срабатывают, и их контакты при работе на полном поле и первой ступени ослабления поля производят снижение мощности тягового генератора, а при работе на второй ступени ослабления поля производят полное снятие напряжения и нагрузки с тягового генератора (отключаются контакторы КВ и ВВ).

Уравнительные соединения между тяговыми электродвигателями. Для ограничения возможности развития боксования колесных пар и уменьшения времени переходного процесса при вращении тяговых электродвигателей боксующих колесных пар в режиме нормальной работы в противобоксовочное устройство введена система уравнительных соединений обмоток возбуждения тяговых электродвигателей. Эта система представляет собой нелинейное сопротивление (несколько последовательно соединенных диодов ВЛ-200), включенное между обмотками возбуждения 1 и 4,2 и 5,3 и 6 тяговых электродвигателей, имеющих различную склонность к боксованию. Количество диодов выбрано из условия компенсации максимально возможной разности потенциалов между обмотками главных полюсов тяговых электродвигателей вследствие расхождения их скоростных характеристик, неравенства омических сопротивлений обмоток главных полюсов и ступеней ослабления поля. Диоды размещены в трех блоках ПВ1, ПВ2, ПВ3. С целью повышения запаса устойчивости и улучшения качества переходного процесса в систему введена отрицательная обратная связь, которая осуществляется через дополнительные витки, намотанные на сердечники трансформаторов тока ТПТ1-ТПТ4 от каждой группы уравнивателей.

Принцип работы системы уравнительных соединений заключается в том, что при боксовании одного из тяговых электродвигателей (например, 1-го), когда в его цепи уменьшается ток якоря и обмоток возбуждения, появляется уравнительный ток, подпитывающий обмотку возбуждения боксующего двигателя от якоря небоксующего (в данном случае 4-го), тем самым уменьшая обороты боксующего (1-го) электродвигателя. Одновременно через обратную связь в селективный узел посылается сигнал на снижение напряжения тягового генератора. Введение уравнительных соединений дало возможность не снижать (при боксовании на полном поле) мощность генератора путем введения в цепь задающей обмотки амплистата части резистора СНН.

Резистор СНН на полном поле шунтируется контактом АУР (провода 1564, 1565).

Цепь уравнительного соединения 1-го и 4-го тяговых электродвигателей (см. рис. 136): обмотка возбуждения 1-го тягового электродвигателя, провод 1535, диоды блока ПВ1, провод 1536 (рис. 134), контакты выключателя АУР, провода 1537, 11—1, обмотка

обратной связи ОС ТПТ1, провода 11—2, 21—1, обмотка ОС ТПТ2, провода 21—2, 31—1, обмотка ОС ТПТ3, провода 31—2, 41—1, обмотка ОС ТПТ4, провода 43—2, 1538, диоды блока ПВ1, провод 1539, обмотка возбуждения 4-го тягового электродвигателя.

Цепь уравнительного соединения 2-го и 5-го тяговых электродвигателей: обмотка возбуждения 2-го тягового электродвигателя, провод 1540, диоды блока ПВ2, провод 1541, контакты выключателя АУР, провода 1542, 12—1, обмотка ОС ТПТ1, провода 12—2, 22—1, обмотка ОС ТПТ2, провода 22—2, 32—1, обмотка ОС ТПТ3, провода 32—2, 42—1, обмотка ОС ТПТ4, провода 42—2, 1543, диоды блока ПВ2, провод 1544, обмотка возбуждения 5-го тягового электродвигателя.

Цепь уравнительного соединения 3-го и 6-го тяговых электродвигателей: обмотка возбуждения 3-го тягового электродвигателя, провод 1545, диоды блока ПВ3, провод 1546, контакты выключателя АУР, провода 1547, 13—1, обмотка ОС ТПТ1, провода 13—2, 23—1, обмотка ОС ТПТ2, провода 23—2, 33—1, обмотка ОС ТПТ3, провода 33—2, 43—1, обмотка ОС ТПТ4, провода 43—2, 1548, диоды блока ПВ3, провод 1549, обмотка возбуждения 6-го тягового двигателя.

Отсутствие ограничения пускового тока на низких позициях контроллера. На позициях 1—7 контроллера машиниста снято ограничение пускового тока, что способствует более плавному троганию поезда с места. Это достигается шунтированием диода В7 замыкающим контактом реле РУ15, тем самым сигнал обратной связи, пропорциональный току генератора и поступающий от трансформатора ТПТ в управляющую обмотку амплистата, уменьшается, так как часть его протекает через резистор СБТН. Поэтому характеристики генератора до 7 позиции контроллера не имеют вертикальной отсечки по току и идут более полого. Кроме того, при одном и том же уменьшении тока нагрузки прирост напряжения тягового генератора у наклонных характеристик меньше, чем у характеристик с вертикальной отсечкой по току. Следовательно, уменьшается возможность развития боксования, облегчаются трогание и разгон поезда, происходящие при больших токах.

Контрольные вопросы

1. Назначение комплексного противобоксовочного устройства.
2. Как осуществляется снижение мощности тягового генератора при боксовании?
3. Рассказать о работе противобоксовочного устройства при ослаблении возбуждения тяговых электродвигателей.
4. Рассказать о работе противобоксовочного устройства при превышении конструкционной скорости тепловоза.
5. Назначение и схемы уравнительных соединений между тяговыми электродвигателями.

7.8. ЦЕПИ ПОДАЧИ ПЕСКА

Песочная система тепловоза обеспечивает подачу песка в места контакта бандажей первой и четвертой колесных пар при движении тепловоза вперед, а также третьей и шестой при движении назад, что увеличивает сцепление колеса с рельсом. Кроме того, предусмотрена индивидуальная подача песка под первую колесную пару, которая имеет наибольшую склонность к бокованию. Для подачи песка необходимо включить pedal песочницы *КН*, контакты *КН* замыкают цепь электропневматических вентилях *КП1* и *КП2* при движении вперед или *К31* и *К32* при движении назад, вентили срабатывают и подают воздух к воздухораспределителям песочниц переднего или заднего хода. Под первую колесную пару песок подается нажатием кнопки *КПП*.

Цепь катушки электропневматического вентиля *КП1* при включении кнопки *КПП* (рис. 137): плюсовая шина контроллера машиниста, провод 1034, зажим 14/14, провод 1194, контакты 7—1 ШР, контакты кнопки *КПП*, контакт 7—4 ШР, провод 1195, зажим 11/14, провод 1190, катушка электропневматического вентиля *КП1*, провод 1191, зажим 9/7, провод 1020, контакты 3М—7ШР, общий «минус».

Цепь катушки электропневматического вентиля *КП1* при включении педали *КН*: зажим 14/14, провод 303, контакты 14—1 ШР, провод 1287, контакты педали песочницы *КН*, провод 1288, контакты 14—2 ШР, провод 305, зажим 11/20, провод 306, зажим 10/16, провод 307, вспомогательные контакты реверсора *ПР*, замкнутые в положении «Вперед», провод 1189, зажим 11/15, провод 1221, контакты 7—3 ШР, размыкающие контакты кнопки *КПП*, провод 1129, контакты 7—4 ШР, провод 1195, зажим 11/14, провод 1190, катушка *КП1*, провод 1191, зажим 9/7, провод 1020, контакты 3М—7 ШР, общий «минус».

Цепь катушки электропневматического вентиля *КП2*: вспомогательные контакты реверсора, замкнутые в положении «Вперед», провод 1163, катушка *КП2*, провода 1165, 1166, 1193, 1191 и далее цепь совпадает с цепью катушки *КП1*.

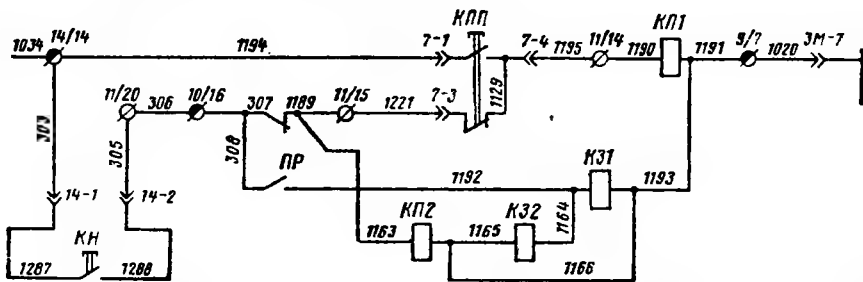


Рис. 137. Электрическая схема цепи катушек вентилях песочниц тепловозов 2ТЭ10М, 3ТЭ10М

Цепь катушки электропневматического вентиля *К31*: зажим 14/14, провод 303, контакты 14—1 ШР, провод 1287, контакты педали *КН*, провод 1288, контакты 14—2 ШР, провод 305, зажим 11/20, провод 306, зажим 10/16, провода 307, 308, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые в положении «Назад», провод 1192, катушка *К31*, провода 1193, 1191, зажим 9/7, провод 1020, контакты 3М—7ШР, общий «минус».

Цепь катушки электропневматического вентиля *К32*: провода 1192, 1164, катушка *К32*, провода 1166, 1193 и далее аналогично цепи *К31*.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы подачи песка.
2. Показать на схеме цепи катушек электропневматических вентилях системы подачи песка.

7.9. ЦЕПИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ И МАСЛА ДИЗЕЛЯ

Поддержание заданных оптимальных температур воды и масла дизеля обеспечивается работой системы автоматического регулирования. Система автоматического регулирования включается переводом тумблера «Управление холодильником» в положение «Автоматическое». Как только температура воды и масла достигнет $73 \pm 2^\circ\text{C}$, включаются микровыключатели *ВКВ* и *ВКМ* и их контакты создают цепи на вентили, управляющие включением жалюзи воды, масла и верхние.

Цепь катушки вентиля *ВП3* «Жалюзи воды» (рис. 138): провод 775, автомат *А6* «Жалюзи», провод 776, зажим 5/20, провод 611, контакты реверсивного механизма контроллера машиниста, замкнутые в положении «Вперед» или «Назад», провод 612, контакт 4-17 ШР, контакты тумблера *ТХ*, замкнутые в положении «Автоматическое», контакты 4—16 ШР, провод 694, зажим 15/19, провод 772, зажим 1/16, провод 774, зажим *X14*, провод 639, контакты микровыключателя *ВКВ*, провод 633, зажим *X15*, провод 642, зажим 7/7, провод 715, контакты 27—4 ШР, диод *D2*, контакты 27—3 ШР, провод 714, зажим 6/7, провод 632, зажим *X10*, провод 636, катушка вентиля *ВП3*, провода 780, 671, 782, зажим *X13*, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12ШР, общий «минус».

Цепь катушки вентиля *ВП4* «Жалюзи верхние»: контакты 27—4ШР, диод *D3*, контакты 27—5ШР, провод 716, зажим 6/6, провод 617, зажим *X11*, провод 643, катушка вентиля *ВП4*, провода 681, 782, зажим *X13*, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12ШР, общий «минус».

Цепь катушки вентиля *ВП5* «Жалюзи масла»: зажим *X14*, провод 640, контакты микровыключателя *ВКМ*, провод 645, зажим *X16*, провод 664, зажим 7/6, провод 717, контакты 27—7ШР,

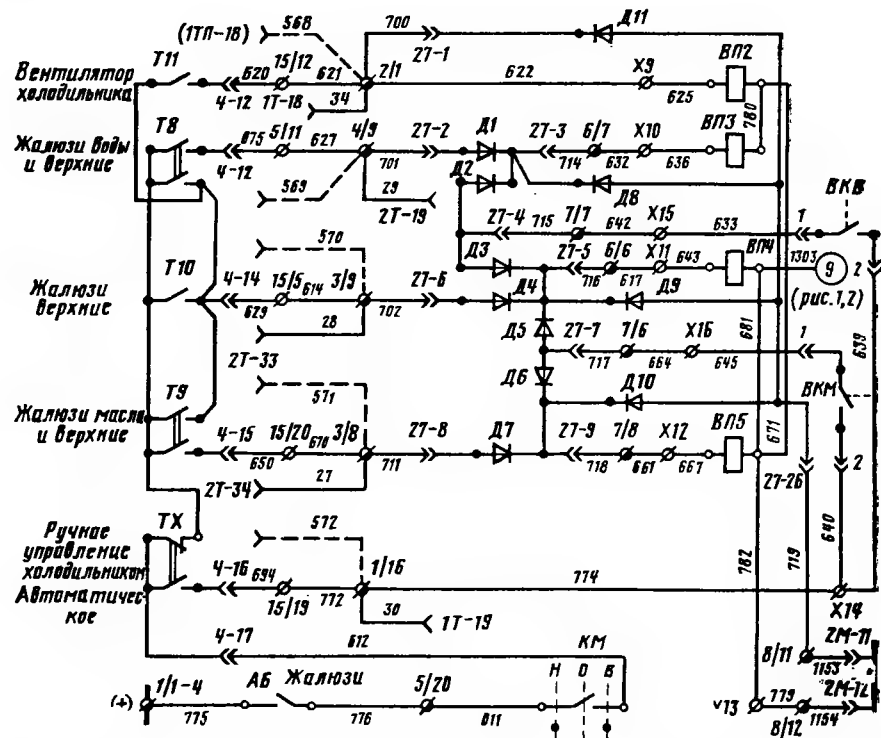


Рис. 138. Электрическая схема цепи катушек вентиля жалюзи холодильника тепловозов 2ТЭ10М, 3ТЭ10М

диод Д6, контакты 27—9ШР, провод 718, зажим 7/8, провод 661, зажим Х12, провод 667, катушка вентиля ВП5, провод 782, зажим Х13, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12ШР, общий «минус».

Цепь катушки вентиля ВП4 «Жалюзи верхние»: контакты 27—7ШР, диод Д5, контакты 27—5ШР, провод 716, зажим 6/6, провод 617, зажим Х11, провод 643, катушка вентиля ВП4, провода 681, 782, зажим Х13, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12ШР, общий «минус».

Для перехода на ручное управление необходимо тумблер «Управление холодильником» установить в положение «Ручное», при этом создаются следующие цепи:

Цепь вентиля ВП5 «Жалюзи масла»: провод 775, автомат АБ «Жалюзи», провод 776, зажим 5/20, провод 611, контакты реверсивного механизма контроллера машиниста, замкнутые в положении «Вперед» или «Назад», провод 612, контакты 4—17ШР, контакты тумблера ТХ, замкнутые в положении «Ручное», контакты тумблера Т9 «Жалюзи масла верхние», контакты 4—15ШР, провод 650, зажим 15/20, провод 670, зажим 3/8, провод 711,

контакты 27—8ШР, диод Д7, контакты 27—9ШР, провод 718, зажим 7/8, провод 661, зажим Х12, провод 667, катушка вентиля ВП5, провод 782, зажим Х13, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12, общий «минус».

Цепь вентиля ВП4 «Жалюзи верхние»: контакты тумблера Т10 «Жалюзи верхние», контакты 4—14ШР, провод 629, зажим 15/5, провод 614, зажим 3/9, провод 702, контакты 27—6ШР, диод Д4, контакты 27—5 ШР, провод 716, зажим 6/6, провод 617, зажим Х11, провод 643, катушка вентиля ВП4, провода 681, 782, зажим Х13, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12ШР, общий «минус».

Цепь вентиля ВП3 «Жалюзи воды»: контакты тумблера Т8 «Жалюзи воды и верхние», контакты 4—12 ШР, провод 675, зажим 5/11, провод 627, зажим 4/9, провод 701, контакты 27—2ШР, диод Д1, контакты 27—3 ШР, провод 714, зажим 6/7, провод 632, зажим Х10, провод 636, катушка ВП3, провода 780, 671, 782, зажим Х13, провод 779, зажим 8/12, провод 1154, контакты 2М—12, общий «минус».

Цепь вентиля ВП2: контакты тумблера Т11, «Вентилятор холодильника», контакты 4—12 ШР, провод 620, зажим 15/12, провод 621, зажим 2/1, провод 622, зажим Х9, провод 625, катушка вентиля ВП2, провод 671 и далее смотри цепь катушки ВП3.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы регулирования температуры воды и масла дизеля.
2. Показать на схеме цепи электропневматических вентилях при автоматическом и ручном управлении.

8.1. ПУСК ДИЗЕЛЯ

Подготовка к пуску дизеля. У двухсекционных тепловозов при подготовке их к работе рекомендуется вначале пустить дизель на ведомой секции, а затем на ведущей. Для подготовки питания цепей (рис. 139, см. рис. 151) необходимо на ведомой секции включить в левой аппаратной камере разъединитель аккумуляторной батареи ВБ, а в правой автоматические выключатели: А1 «Возбудитель», А2 «Топливный насос», А3 «Дизель» и А6 «Управление холодильником».

На ведущей секции включить в левой камере разъединитель аккумуляторной батареи ВБ, в правой — автоматические выключатели: А1 «Возбудитель», А2 «Топливный насос», А3 «Дизель» и А6 «Управление холодильником», а на пульте управления машиниста — автомат АУ «Управление общее», вставить и повернуть вниз до упора рукоятку блокировки тормоза 367, вставить рукоятку реверсивного механизма контроллера и установить ее в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад» и включить тумблер ТН2 «Топливный насос II секции».

В результате осуществления указанных операций сработают контакторы КТН, КН и КРН2. Цепи катушек этих аппаратов следующие.

Цепь катушки контактора КТН ведомой секции. Катушка контактора КТН ведомой секции получит питание по цепи: «плюс» аккумуляторной батареи АБ, провод 950, разъединитель ВБ, провода 952, 958, 969, шунт амперметра зарядки батареи ШЗБ, провод 971, резистор зарядки батареи СЗБ, провода 974, 979, предохранитель ПР5, провод 1236, автомат А3 «Дизель», провод 1745, контакты 26—23 ШР, размыкающие контакты реле РУЗ, контакты 26—24 ШР, провода 1744, 1716, контакты тумблера ТНА, провод 1715, катушка контактора КТН, провода 1743, 1742, зажим 18/12, провод 25, межтепловозные соединения, провод 24 ведущей секции, зажим 18/17, провод 1727, контакты 5—37 ШР, провод 1726, зажим 5/4, провод 1725, контакты 1—9 ШР, тумблер ТН2, контакты 1—14 ШР, провод 17/34, зажим 1/17, провод 1737, контакты 1М—7 ШР и далее по соединительному проводу 75 через межтепловозные соединения на «минус» АБ ведомой секции (на тепловозе 2ТЭ116 «минусы» аккумуляторных батарей обеих секций соединены между собой постоянно через межтепловозные соединения).

Цепь катушки контактора КН: шунт амперметра зарядки батареи, провод 2655, контакты 16—43 ШР, провод 2656, катушка

контактора КН, провод 2657, зажимы 22/18, 19 и далее на «минус» аккумуляторной батареи.

Цепь двигателя ТН ведомой секции. Контактор КТН срабатывает и замыкает цепь электродвигателя топливopодкачивающего насоса: провода 950, 954×3, диод Д30, провод 956×3, главные контакты контактора КН, провод 2654×3, 1232, зажим 24/1, провод 1233×2, 1246, автомат А2 «Топливный насос», провод 1118, замыкающие контакты контактора КТН, провод 1217, электродвигатель ТН, зажим С1 электродвигателя, провод 1216, зажим 22/12, провод 1275×2, контакты 2М-12, 21 ШР, «минус» АБ.

Последовательность срабатывания и взаимосвязь аппаратов, обеспечивающих пуск дизеля ведомой секции. Пуск дизеля осуществляется автоматически после кратковременного нажатия кнопки ПД2 «Пуск дизеля» на пульте ведущей секции. Сначала срабатывает контактор масляного насоса КМН и главными контактами подключает электродвигатель маслопрокачивающего насоса к аккумуляторной батарее.

Одновременно одни вспомогательные контакты контактора КМН переводят питание катушки контактора КМН от автомата А3 «Дизель», что обеспечивает дальнейший пуск дизеля при отпущенном состоянии кнопки ПД2, турбо — включают тяговый электромагнит МР6 объединенного регулятора частоты вращения, подготавливая его к работе. Одновременно получает питание блок пуска дизеля.

Блок пуска дизеля БПД начинает отсчет времени прокачки масла в системе дизеля перед пуском. По истечении 60 с замыкающие контакты БПД создают цепь на катушку контактора Д1. Контактор Д1, включаясь, главным контактом соединяет параллельно аккумуляторные батареи обеих секций через межсекционную розетку РПБ.

Вспомогательным контактом контактор Д1 создает цепь на катушку контактора Д2. Контактор Д2, включаясь, подсоединяет стартер-генератор к «плюсу» аккумуляторной батареи. Стартер-генератор, работая в режиме двигателя, начинает вращать коленчатый вал дизеля. Одновременно с подачей питания на катушку контактора Д2 подается питание на катушку электропневматического вентиля ВП7. Срабатывая, вентиль ВП7 открывает доступ сжатого воздуха к поршню ускорителя пуска дизеля. Перемещение поршня обеспечивает нагнетание масла в аккумулятор регулятора частоты вращения вала дизеля, а это в свою очередь вызовет перемещение штока серводвигателя регулятора, с помощью которого ставятся рейки топливных насосов в положение максимальной подачи топлива, при этом ускорится пуск дизеля. Перемещение штока серводвигателя регулятора обеспечивается тем, что ранее сработавший электромагнит МР6 перекрыл перепускной клапан серводвигателя.

При нормальном процессе пуска во время появления вспышек в цилиндрах частота вращения коленчатого вала резко увели-

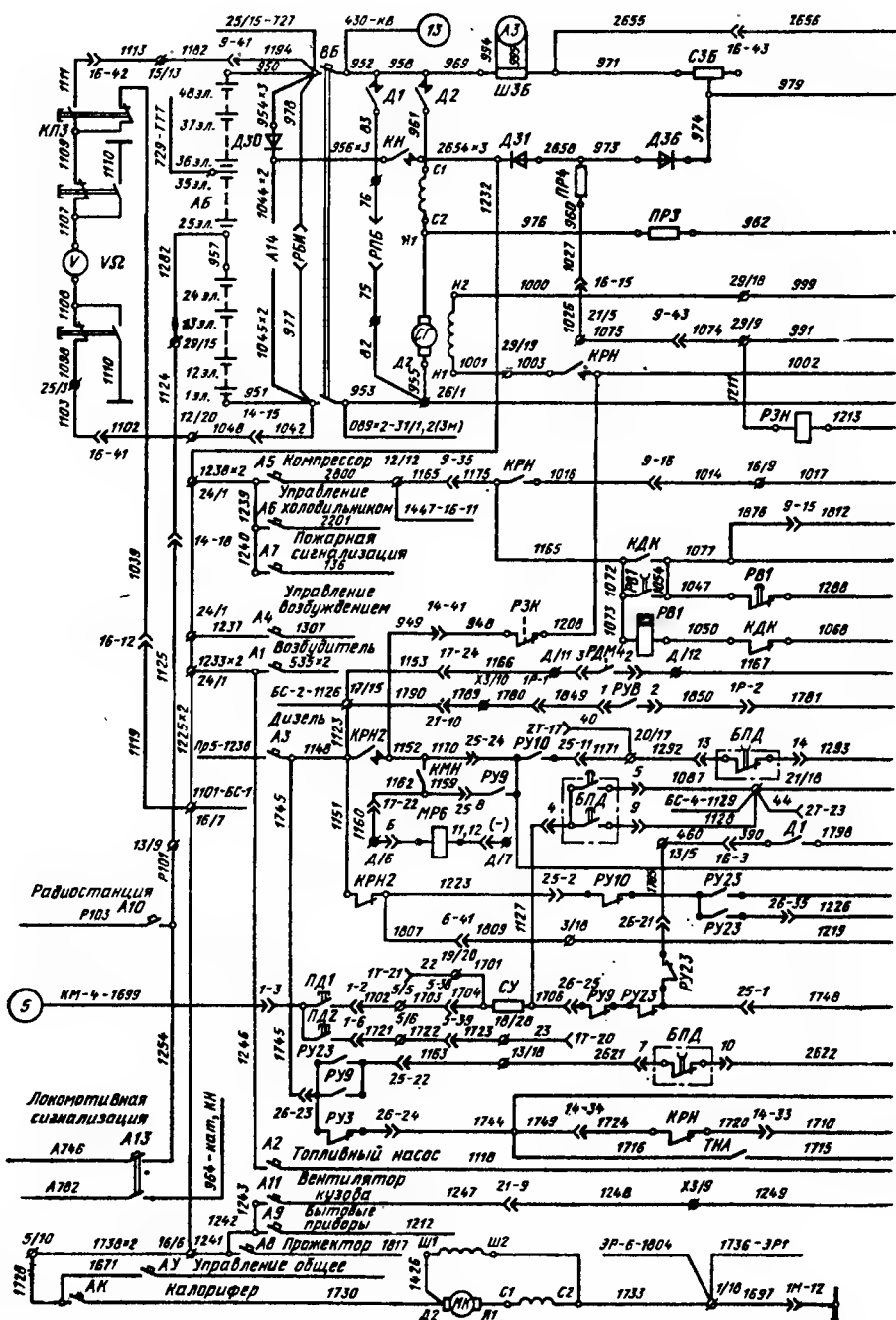
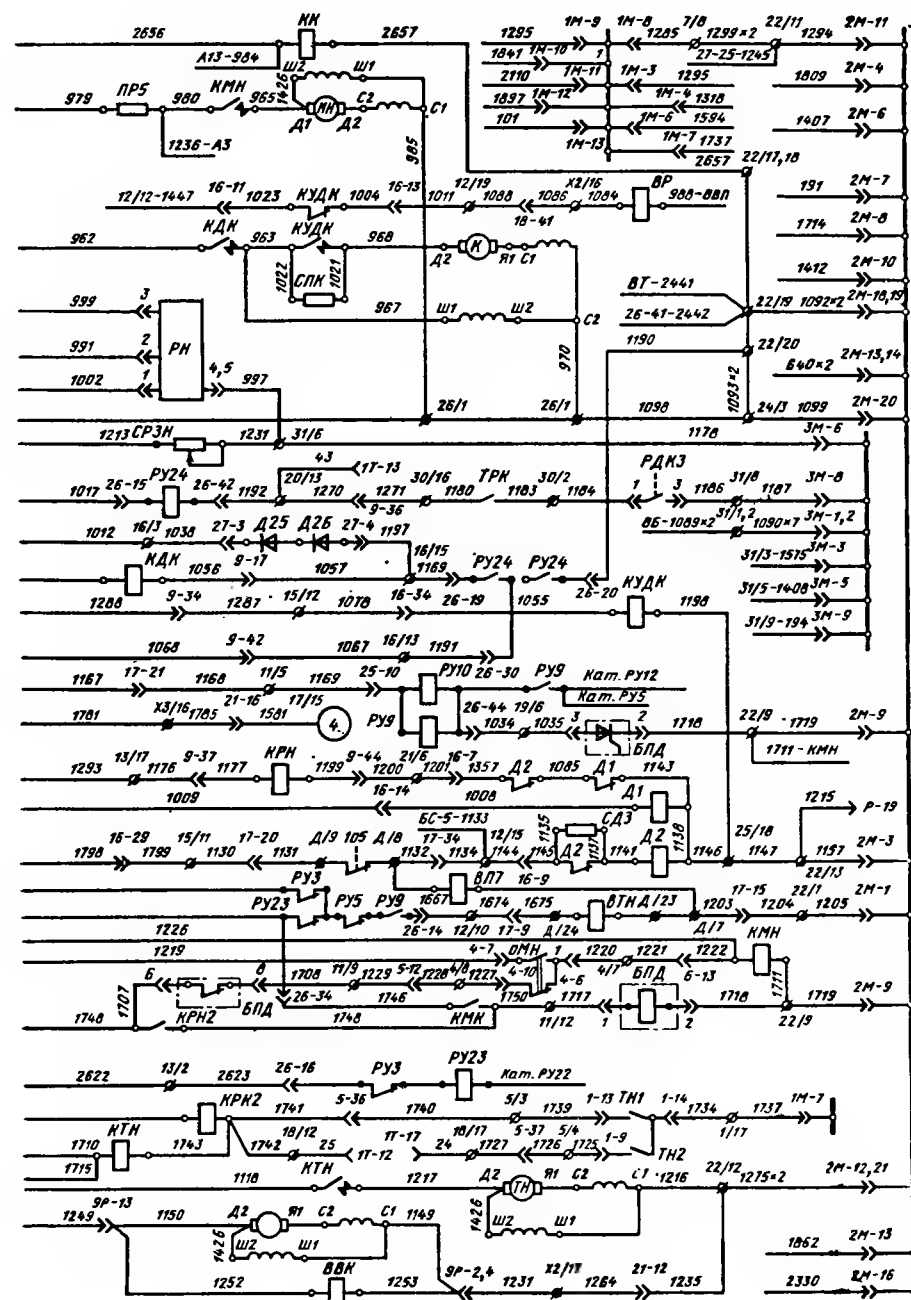


Рис. 139. Электрическая схема цепи



пуска дизеля тепловоза 2ТЭ116

чится, подача масляного насоса дизеля возрастет, что вызовет увеличение давления в масляной системе дизеля. При достижении давления масла в верхнем лотке дизеля (0,03—0,06) МПа срабатывает реле РДМ4, его контакты создают плюсовую цепь катушек реле РУ9 и РУ10.

После срабатывания контактора Д2 его вспомогательный контакт создает цепь питания обмотки возбуждения СВ, в результате на обмотке ротора С1—С2 возбuditеля СВ появится переменное напряжение, величина которого пропорциональна частоте вращения коленчатого вала.

При достижении определенной частоты вращения коленчатого вала переменное напряжение на выводах С1—С2 возбuditеля СВ станет 32—34 В, т. е. достаточным для открытия тиристора в блоке БПД, чем создается минусовая цепь катушек РУ9 и РУ10. Реле РУ9 и РУ10 срабатывают, следовательно, процесс пуска происходит нормально.

Реле РУ9, срабатывая, разбирает схему пуска дизеля: размыкающий контакт реле РУ9 (провода 1705 и 1706) разрывает цепь катушки Д2; контакты БПД разрывают цепь контактора КМН, контактор КМН отключается, своими главными контактами (провода 980—965) разрывает цепь электродвигателя маслопрокачивающего насоса МН, вспомогательными контактами (провода 1746, 1750) разрывает цепь питания блока БПД, а также (провода 1152, 1162) разрывает цепь катушки тягового электромагнита МР6, созданную перед пуском дизеля.

Цепь питания электромагнита МР6 после пуска дизеля проходит через размыкающий контакт реле РУ9 (провода 1170, 1159). Замыкающий контакт реле РУ9 шунтирует цепь тиристора БПД, тем самым создает минусовую цепь катушек реле РУ9 и РУ10; замыкающий контакт реле РУ10 создает плюсовую цепь катушки контактора КРН; замыкающий контакт реле РУ9 создает цепь на электропневматический вентиль ВТН, который, срабатывая, отключает оба ряда топливных насосов первого — четвертого цилиндров дизеля при работе на холостом ходу.

Контактор Д1, отключаясь, размыкающим главным контактом (провода 952, 76) разрывает плюсовую цепь параллельно соединенных аккумуляторных батарей. Контактор Д2, отключаясь, размыкающим главным контактом (провода 958, 961) отключает стартер-генератор от аккумуляторной батареи, а вспомогательным контактом (провода 374, 1041) снимает возбуждение с возбuditеля СВ.

Одновременно размыкающие вспомогательные контакты контакторов Д1 (провода 1143, 1185) и Д2 (провода 1085, 1357) замыкают минусовую цепь питания катушки КРН. Контактор КРН срабатывает и создает питание на независимую обмотку возбуждения Н—НН стартер-генератора. Стартер-генератор переходит в генераторный режим и совместно с регулятором напряжения обеспечивает питание цепей управления и подзаряд аккумуляторной батареи.

Цепь катушки контактора КМН (см. рис. 139): плюс аккумуляторной батареи, провода 950, 954×3, диод Д30, провод 956×3, замыкающие контакты КН, провод 2654×3, провод 1232, зажим 24/1, провод 1225×2, зажим 16/7, 16/6, провод 1738×2, зажим 5/10, провода 1728, 1671, автомат АУ, «Управление общее», провод 1684 (см. рис. 140), зажим 4/5, провод 1685, контакты БУ, провод 1686, зажим 3/6, провод 1687, блокировки реверсивного механизма контроллера машиниста, замкнутые в положении «Вперед» или «Назад», провод 1696, замкнутые на нулевой позиции 4 контакты КМ (см. рис. 139), провод 1699, контакты 1—3 ШР, контакты кнопки ПД2, контакты 1—6 ШР, провод 1721, зажим 5/6, провод 1722, контакты 5—39 ШР, провод 1723, зажим 18/20, провод 23, контакты 1Т—20 ШР, межтепловозные соединения, контакты 1Т—21 ШР, провод 22, зажим 19/20, провод 1701, резистор СУ, провод 1706, контакты 26—25 ШР, размыкающие контакты реле РУ9, реле РУ23, контакты 25—1 ШР, провода 1748, 1707, размыкающиеся с выдержкой времени контакты БПД, провод 1708, зажим 11/9, провод 1229, контакты 5—12 ШР, провод 1228, зажим 4/8, провод 1227, контакты 4—10 ШР, контакты ОМН, контакты 4—6 ШР, провод 1220, зажим 4/7, провод 1221, контакты 6—13 ШР, провод 1222, катушка контактора КМН, провод 1711, зажим 22/9, провод 1719, контакты 2М—9 ШР, «минус» аккумуляторной батареи.

Цепь катушки контактора КМН после отпуска кнопки ПД2: автомат АЗ, провод 1148, замыкающие контакты контактора КРН2, провода 1152, 1170, контакты 25—24 ШР, перемычка, замыкающие контакты реле РУ3, РУ23, контакты 26—34 ШР, провод 1746, замыкающие вспомогательные контакты контактора КМН, провод 1747, замыкающие вспомогательные контакты контактора КРН2, провод 1707 и далее цепь, как и при включенной кнопке ПД2.

Цепь питания электродвигателя маслопрокачивающего насоса МН: провод 980, замыкающие контакты контактора КМН, провод 965, двигатель МН, провод 985, зажим 26/1, провод 1096, зажим 24/3, провод 1099, контакты 2М—20 ШР, «минус» аккумуляторной батареи.

Цепь питания тягового электромагнита МР6: автомат АЗ «Дизель», провод 1148, замыкающие контакты контактора КДН2, провод 1152, замыкающие вспомогательные контакты контактора КМН, провод 1162, контакты 17—22 ШР, провод 1160, зажим Д/6, контакты 6 разъема регулятора частоты вращения, катушка тягового электромагнита МР6, контакты 11 разъема регулятора частоты вращения, зажим 2/7, провод 1203, контакты 17—15 ШР, провод 1204, зажим 22/1, провод 1205, контакты 2М—1 ШР, «минус» АБ.

Цепь питания блока пуска дизеля БПД: замыкающие вспомогательные контакты контактора КМН, провод 1750, зажим 11/12, провод 1717, блок пуска дизеля БПД (1—2), провод 1718, зажим 22/9, контакты 2М—9 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки контактора Д1: резистор СУ, провод 1127, зажим 4 блока пуска дизеля, контакты БПД с выдержкой времени на замыкание, зажим 5, провод 1087, зажим 21/18, провод 1009, контакты 16—14 ШР, провод 1008, катушка контактора Д1, провода 1138, 1146, зажим 25/18, провод 1147, зажим 22/13, провод 1157, контакты 2М—3 ШР, «минус» АБ.

Параллельно первой паре замыкающих контактов БПД включена вторая пара: провод 1127, замыкающие контакты БПД, провод 1128, зажим 21/18.

Цепь катушки контактора Д1 ведущей секции: зажим 21/18, провод 44, межтепловозные соединения, контакты 23 разъема ведущей секции, провод 44, зажим 21/18, провод 1009, контакты 16—14 ШР, провод 1008, катушка контактора Д1 ведущей секции, провода 1138, 1146, зажим 25/18, провод 1147, зажим 22/13, провод 1157, контакты 2М—3 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки контактора Д2: зажим 13/5, провод 460, контакты 16—3 ШР, провод 390, замыкающие вспомогательные контакты контактора Д1, провод 1798, контакты 16—29 ШР, провод 1799, зажим 15/11, провод 1130, контакты 17—20 ШР, провод 1131, зажим Д/9, блокировка 105 валоповоротного механизма, зажим Д/8, провод 1132, контакты 17—34 ШР, провод 1134, зажим 12/15, провод 1144, контакты 16—9 ШР, провод 1145, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д2, провод 1141, катушка контактора Д2, провод 1146, зажим 25/18, провод 1147, зажим 22/13, провод 1157, контакты 2М—3 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки ВТН: размыкающие контакты реле РУЗ, РУ5, замыкающие контакты реле РУ9, контакты 26—14 ШР, провод 1667, зажим 12/10, провод 1674, контакты 17—9 ШР, провод 1675, зажим Д/24, катушка ВТН, зажимы Д/23, Д/7, провод 1203, контакты 17—15 ШР, провод 1204, зажим 22/1, провод 1205, контакты 2М—1 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки реле РУ9, РУ10: замыкающие контакты контактора КРН2, провод 1123, зажим 17/19, провод 1153, контакты 17—24 ШР, провод 1166, зажим Д/11, контакты реле РДМ4, зажим Д/12, провод 1167, контакты 17—21 ШР, провод 1168, зажим 11/5, провод 1169, контакты 25—10 ШР, катушки реле РУ9 и РУ10, контакты 26—44 ШР, провод 1034, зажим 19/6, провод 1035, тиристор БПД, провод 1718, зажим 22/9, провод 1719, контакты 2М—9 ШР, «минус» АБ. После срабатывания реле РУ9 минусовая цепь катушек реле РУ9 и РУ10 следующая: замыкающие контакты реле РУ9, контакты 25—45 ШР, провод 1173, зажим 22/8, провод 1714, контакты 2М—8 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки контактора КРН: замыкающие контакты КРН2, провода 1152, 1170, контакты 25—24 ШР, замыкающие контакты реле РУ10, контакты 25—11 ШР, провод 1171, зажим 20/17, провод 1292, размыкающие контакты БПД, провод 1293, зажим 13/17, провод 1176, контакты 9—37 ШР, провод 1177, катушка КРН, провод 1199, контакты 9—44 ШР, провод 1200, зажим 21/6, провод

1201, контакты 16—7 ШР, провод 1357, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д2, провод 1085, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д1, провода 1143, 1138, 1146, зажим 25/18, провод 1147, зажим 22/13, провод 1157, контакты 2М—3 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушки реле управления РУ23: автомат АЗ, провод 1745, контакты 26—23 ШР, замыкающие контакты реле РУ9, контакты 25—22 ШР, провод 1163, зажим 13/18, провод 2621, размыкающие с выдержкой времени контакты БПД, провод 2622, зажим 13/2, провод 2623, контакты 26—18 ШР, размыкающие контакты реле РУЗ, катушка реле РУ23 и далее на «минус» АБ.

Цепь пуска дизеля ведущей секции. На двухсекционных тепловозах рекомендуется осуществлять пуск дизеля ведомой секции, а затем ведущей. Если на ведомой секции дизель начал работать, то для пуска на ведущей секции достаточно включить тумблер ТН1 «Топливный насос» и кратковременно кнопку «Пуск дизеля».

В том случае, когда осуществляется только пуск дизеля ведущей секции, необходимо для подготовки питания цепей автоматического пуска дизеля включить в левой высоковольтной камере разъединитель аккумуляторной батареи ВБ, а в правой автоматические выключатели: А1 «Возбудитель», А2 «Топливный насос», АЗ «Дизель» и А6 «Управление холодильником», а также на пульте управления машиниста включить автомат АУ «Управление общее», вставить и повернуть вниз до упора рукоятку блокировки тормоза 367, вставить рукоятку реверсивного механизма контроллера и установить ее в одно из рабочих положений «Вперед» или «Назад» и включить тумблер ТН1 «Топливный насос».

Цепь катушки контактора КТН. После выполнения этих операций должен включиться контактор КТН, который своими замыкающими контактами создает цепь питания электродвигателя топливоподкачивающего насоса. Цепь питания катушки контактора КТН: «плюс» аккумуляторной батареи, провод 950, разъединитель ВБ, провода 952, 958, 969, шунт амперметра зарядки батареи ШЗБ, провод 971, резистор зарядки батареи СЗБ, провода 974, 979, предохранитель ПР5, провод 1236, автомат АЗ «Дизель», провод 1745, контакты 26—23 ШР, размыкающие контакты реле РУЗ, контакты 26—24 ШР, провода 1744, 1716, контакты тумблера ТНА, провод 1715, катушка контактора КТН, провода 1743, 1741, контакты 5—36 ШР, провод 1740, зажим 5/3, провод 1739, контакты 1—13 ШР, контакты тумблера ТН1, контакты 1—14 ШР, провод 1734, зажим 1/17, провод 1737, контакты 1М—7 ШР, «минус» АБ.

Цепь катушек контакторов КН и КРН2 ведомой и ведущей секций одинакова. Последовательность срабатывания аппаратов в цепи пуска дизеля ведущей секции и цепи катушек этих аппаратов полностью совпадает с последовательностью срабатывания и цепями катушек аппаратов ведомой секции, кроме цепи катушки контактора КМН.

Цепь катушки контактора КМН: «плюс» аккумуляторной батареи, провода 950, 954×3, диод Д30, провод 956×3, замыкающие контакты контактора КН, провода 2654×3, 1232, зажим 24/1, провод 1225×2, зажимы 16/7, 16/5, провод 1738×2, зажим 5/10, провода 1728, 1671, контакты автомата АУ «Управление общее», провод 1684, зажим 4/5; провод 1685, замкнутые блокировки тормоза БУ, провод 1686, зажим 3/6, провод 1687, контакты реверсивного механизма контроллера машиниста «Вперед» или «Назад», провод 1696, замкнутые на нулевой позиции контроллера контакт 4, провод 1699, контакты 1—3 ШР, кнопка ПД1, контакты 1—2 ШР, провод 1702, зажим 5/5, провод 1703, контакты 5—38 ШР, провод 1704, резистор СУ, провод 1706, контакты 26—25 ШР, размыкающие контакты реле РУ9, РУ23, контакты 25—1 ШР, провода 1748, 1707, размыкающие с выдержкой времени контакты БПД, провод 1708, зажим 11/9, провод 1229, контакты 5—12 ШР, провод 1228, зажим 4/8, провод 1227, контакты 4—10 ШР, контакты тумблера ОМН, контакты 4—6 ШР, провод 1220, зажим 4/7, провод 1221, контакты 6—13 ШР, провод 1222, катушка контактора КМН, провод 1711, зажим 22/9, провод 1719, контакты 2М—9 ШР, «минус» АБ.

Защита цепи пуска дизеля от аварийных режимов. Контакт 105 (провода 1131 и 1132) предотвращает включение контактора Д2 при опущенном (включенном) валоповороте механизма.

Если после включения пускового контактора Д2 нет проворота коленчатого вала, то через 2—3 с блок пуска дизеля БПД разорвет цепь питания катушки контактора КМН, он отключится, и его вспомогательные контакты разорвут цепь катушек пусковых контакторов Д1 и Д2, цепь питания блока БПД и катушки магнита МР6.

Если после включения пусковых контакторов проворот вала дизеля происходит нормально, но вспых (воспламенения топлива нет, частота вращения вала дизеля не возрастает), то через 12 с от момента включения контактора Д2 контакты БПД разорвут цепь катушки контактора КМН, и его главные контакты отключат электродвигатель маслопрокачивающего насоса, а вспомогательные разорвут цепь питания катушек контакторов Д1, Д2 и БПД, а также цепь катушки магнита МР6.

Если во время работы дизеля давление в масляной системе (в верхнем лотке) будет ниже 0,05—0,06 МПа, то реле РДМ4 разорвет цепь катушки реле РУ9, реле отключится, разорвет цепь катушки электромагнита МР6, и дизель остановится.

Контрольные вопросы

1. Перечислить подготовительные операции перед пуском дизеля.
2. Показать на схеме цепь катушки контактора КТН и электродвигателя ТН.
3. Рассказать о последовательности срабатывания аппаратов при пуске дизеля.
4. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих пуск дизеля.
5. Как осуществляется защита цепи пуска от аварийных режимов?

8.2. ЦЕПИ ВКЛЮЧЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА И ТЯГИ

На тепловозе 2ТЭ116 независимо от режима работы тепловоза обеспечивается возбуждение тягового генератора. Это вызвано тем, что для привода вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей, холодильной камеры, силовой выпрямительной установки применяются асинхронные трехфазные электродвигатели, которые питаются непосредственно переменным напряжением тягового генератора. Для включения возбуждения тягового генератора (рис. 140) в режиме холостого хода дизеля необходимо включить автомат А4 «Управление возбуждением», при этом получат питание катушки контакторов КВ и ВВ, реле РУ11, а также обмотки возбуждения возбuditеля и тягового генератора.

Цепь питания катушек контакторов КВ и ВВ: зажим 24/1, провод 1237, автомат А4 «Управление возбуждением» провод 1307, зажимы 16/5, 16/4, провод 1432, контакты 14—5 ШР, провод 1435, зажим 29/1, провода 1555, 1471, размыкающие контакты реле времени РВ3, провод 1437, размыкающие вспомогательные контакты контактора П1, провод 669, размыкающие вспомогательные контакты контактора П2, провод 694, размыкающие вспомогательные контакты контактора П3, провод 695, размыкающие вспомогательные контакты контактора П4, провод 696, размыкающие вспомогательные контакты контактора П5, провод 697, размыкающие вспомогательные контакты контактора П6, провод 898, контакты 14—6 ШР, провод 1438, зажим 21/9, провод 1442, контакты 25—30 ШР, размыкающие контакты реле РУ5, контакты 25—27 ШР, провод 1311, зажим 21/8, провод 1328, контакты 14—7 ШР, провод 1327, размыкающие контакты реле заземления РЗ, провод 1341, размыкающие контакты реле РМ2, провод 1343, замыкающие контакты дверных блокировок высоковольтной камеры БД4, провод 1344, замыкающие контакты БД5, провод 1345, замыкающие вспомогательные контакты КРН, провод 1346, контакты 9—24 ШР, провод 1347, зажим 21/10, провод 1340, контакты 21—13 ШР, провод 1336, замыкающие контакты БД8, провод 1339, контакты 21—14 ШР, провод 1342, замыкающие контакты БД2, провод 1358, зажим 19/7, провод 1361, контакты 16—36 ШР, провод 1368, замыкающие контакты БД6, провод 1364, замыкающие контакты БД7, провод 1365, зажим 25/1, провод 1362, замыкающие контакты БВУ, провод 1363, зажим 25/2, провод 1374, контакты 16—35 ШР, провод 1375, зажим 19/8, провод 1377, контакты 14—25 ШР, провод 1378, катушка контактора КВ, провода 1373, 1380, зажим 31/3, провод 1575, контакты 3М—3 ШР, «минус» СГ.

Цепи включения возбуждения тягового генератора в режиме тяги на ведущей секции. Перед переходом из режима холостого

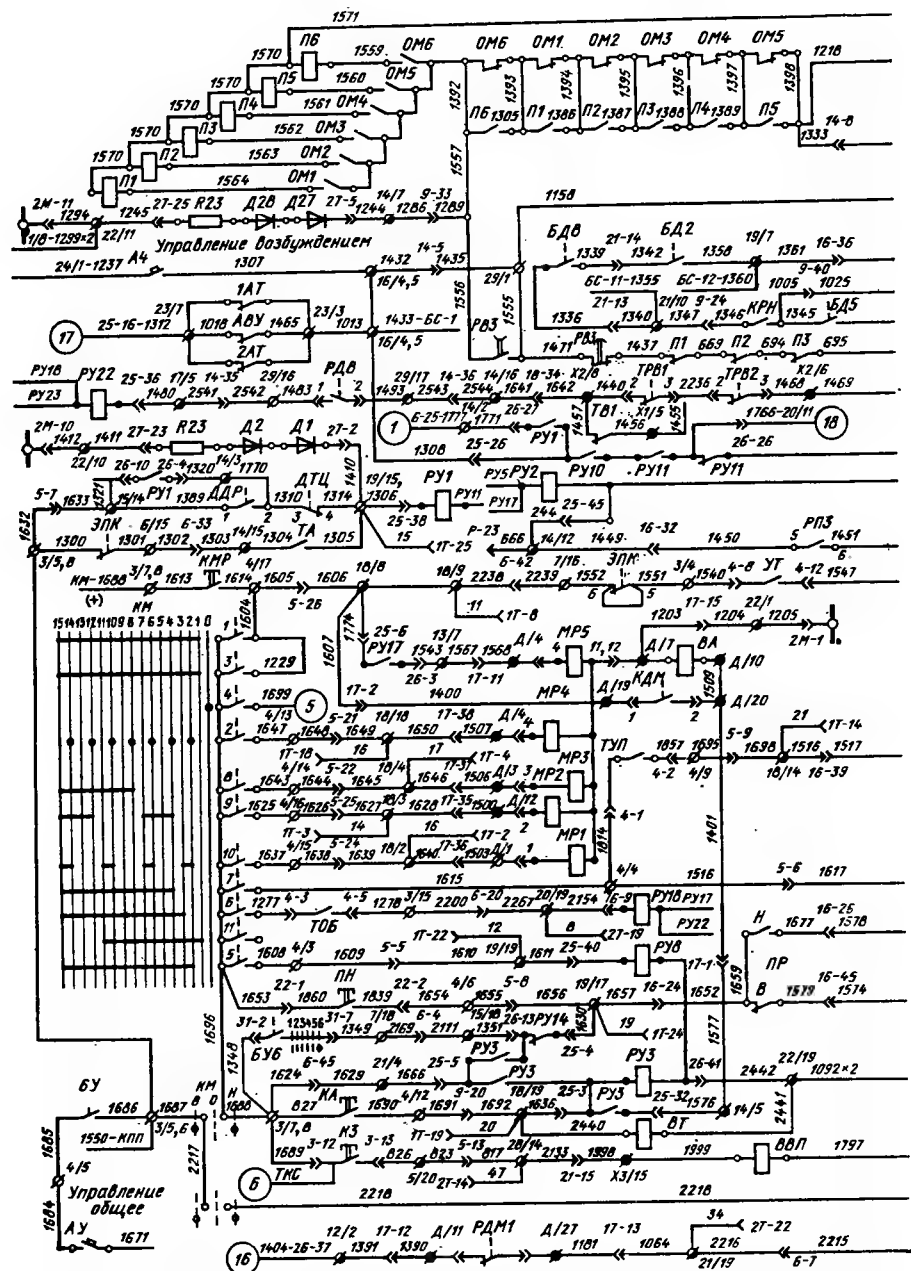
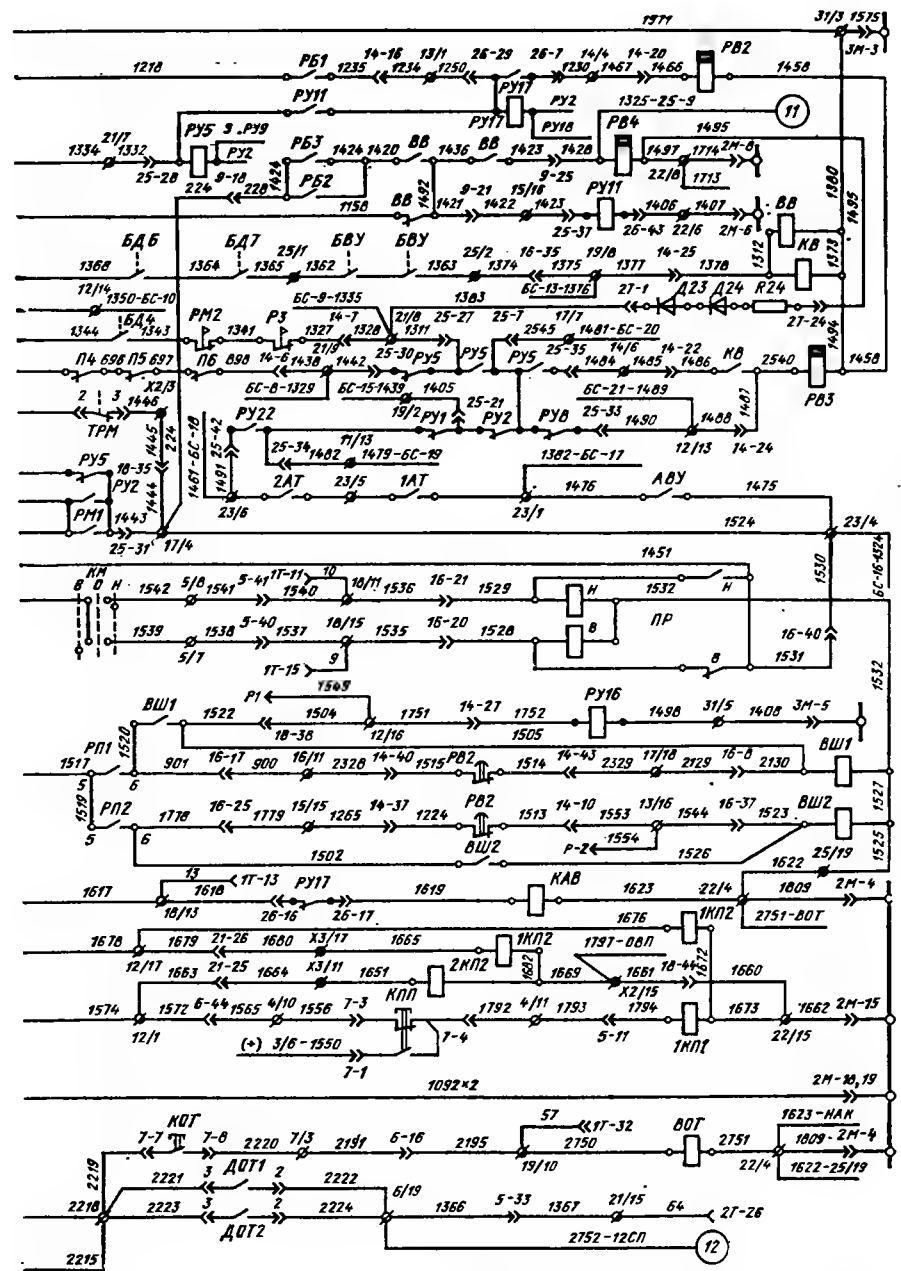


Рис. 140. Электрическая схема включения возбудителя CBB, тягового генератора



Г, контакторов ВВ и КВ в режиме холостого хода дизеля тепловоза 2ТЭ116

хода дизеля (см. рис. 140) в режим тяги необходимо включить автоматы А5 «Компрессор», А7 «Пожарная сигнализация», А10 «Радиостанция», автоматы электродвигателя вентилятора выпрямительной установки АБУ, тяговых электродвигателей 1АТ—4АТ, а также тумблеры ОМ1—ОМ6, ОТ1—ОТ2 и ТУП, после чего установить реверсивную рукоятку контроллера в положение «Вперед» или «Назад» и включить тумблер УТ «Управление тепловозом» и переводом штурвала контроллера с 0-й на 1-ю и последующие позиции привести тепловоз в движение.

После этих ручных операций управления получает питание вентиль реверсора «Вперед» («Назад»), и реверсор устанавливается в требуемое рабочее положение. Вспомогательные контакты реверсора создают цепь питания на катушку реле РУ22. Реле РУ22 включится и своими контактами создаст цепь на катушку реле РВ3. Реле РВ3 срабатывает и размыкающим контактом разрывает цепь питания катушек КВ и ВВ. Контакты контакторов КВ и ВВ размыкаются, тем самым снимается возбуждение с возбuditеля и тягового генератора. Одновременно размыкающий контакт контактора КВ отключает питание блока БУВ, а замыкающий вспомогательный контакт контактора ВВ создаст цепь на катушку реле РУ11.

Замыкающий (с выдержкой времени на размыкание) контакт реле РВ3 создаст цепь на катушки вентиля поездных контакторов П1—П6. Контактторы П1—П6 включаются и подсоединяют тяговые двигатели к выпрямительной установке, а вспомогательные контакты контакторов П1—П6 создают цепь на реле РУ5. Реле РУ5, срабатывая, создает цепь катушек контакторов КВ и ВВ. Контактторы КВ и ВВ, срабатывая, создают соответственно цепи на возбуждение генератора и возбuditеля. Вспомогательный контакт контактора КВ создаст цепь питания блока БУВ, а вспомогательный контакт контактора ВВ разорвет цепь питания реле РУ11.

Цепь катушки реверсора «Вперед» (см. рис. 140): замкнутые контакты 1 и 3 контроллера машиниста, провод 1604, зажим 4/17, провод 1605, контакты 5—26 ШР, провод 1606, зажим 18/8,9, провод 2238, контакты 6—42 ШР, провод 2239, зажим 7/16, провод 1552, перемычка, провод 1551, зажим 3/4, провод 1548, контакты 4—8 ШР, тумблер УТ «Управление тепловозом», контакты 4—12 ШР, провод 1547, замкнутые в положении «Вперед» контакты реверсивного механизма контроллера, провод 1539, зажим 5/7, провод 1538, контакты 5—40 ШР, провод 1537, зажим 18/15, провод 1535, контакты 16—20 ШР, провод 1528, катушка вентиля реверсора «Вперед», провода 1532, 1527, 1525, зажим 25/19, провод 1622, зажим 22/4, провод 1809, контакты 2М—4ШР, «минус» СГ.

Цепь катушки вентиля реверсора «Назад»: провод 1547, замкнутые в положении «Назад» контакты реверсивного механизма контроллера, провод 1542, зажим 5/8, провод 1541, контакты 5—41 ШР, провод 1540, зажим 18/11, провод 1536, контакты

16—21 ШР, провод 1529, катушка вентиля реверсора «Назад», провод 1532, далее цепь катушки вентиля реверсора «Назад» совпадает с цепью катушки вентиля реверсора «Вперед».

Цепь катушки реле РУ22: провод 1528, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые в положении «Вперед», провод 1531, контакты 16—40 ШР, провод 1530, зажим 23/4, провод 1524, зажим 17/4, провод 1444, контакты 18—35 ШР, провод 1445, зажим Х2/3, провод 1446, контакты ТРМ, провод 1469, зажим Х2/6, провод 1468, контакты ТРВ2, провод 2236, контакты ТРВ1, провод 1448, зажим Х2/8, провод 1642, контакты 18—34 ШР, провод 1641, зажим 14/16, провод 2544, контакты 14—36 ШР, провод 2543, зажим 29/17, провод 1493, контакты РДВ, провод 1483, зажим 29/16, провод 2542, контакты 14—35 ШР, провод 2541, зажим 17/5, провод 1480, контакты 25—36 ШР, катушка реле РУ22 и далее на «минус».

Цепь катушки реле времени РВ3: зажим 23/4, провод 1475, контакты АБУ, провод 1476, зажим 23/1, автомат вентилятора тяговых двигателей 1АТ, зажим 23/5, автомат 2АТ, зажим 23/6, провод 1491, контакты 25—42 ШР, замыкающие контакты реле РУ22, размыкающие контакты реле РУ1, РУ2 и РУ8, контакты 25—33 ШР, провод 1490, зажим 12/13, провод 1488, контакты 14—24 ШР, провода 1487, 2540, катушка реле РВ3, провод 1494, и далее цепь совпадает с минусовой цепью катушек КВ и ВВ.

Цепь катушки электропневматического вентиля контактора П1: зажим 29/1, провод 1555, замыкающие контакты реле времени РВ3, провода 1556, 1557, 1392, тумблер ОМ1, провод 1564, катушка вентиля П1, провода 1570, 1571, зажим 31/3, провод 1575, контакты 3М—3 ШР, «минус» СГ.

Цепь катушки электропневматического вентиля контактора П2: ОМ2, провод 1563, катушка вентиля П2, провод 1570, далее цепь совпадает с цепью вентиля П1.

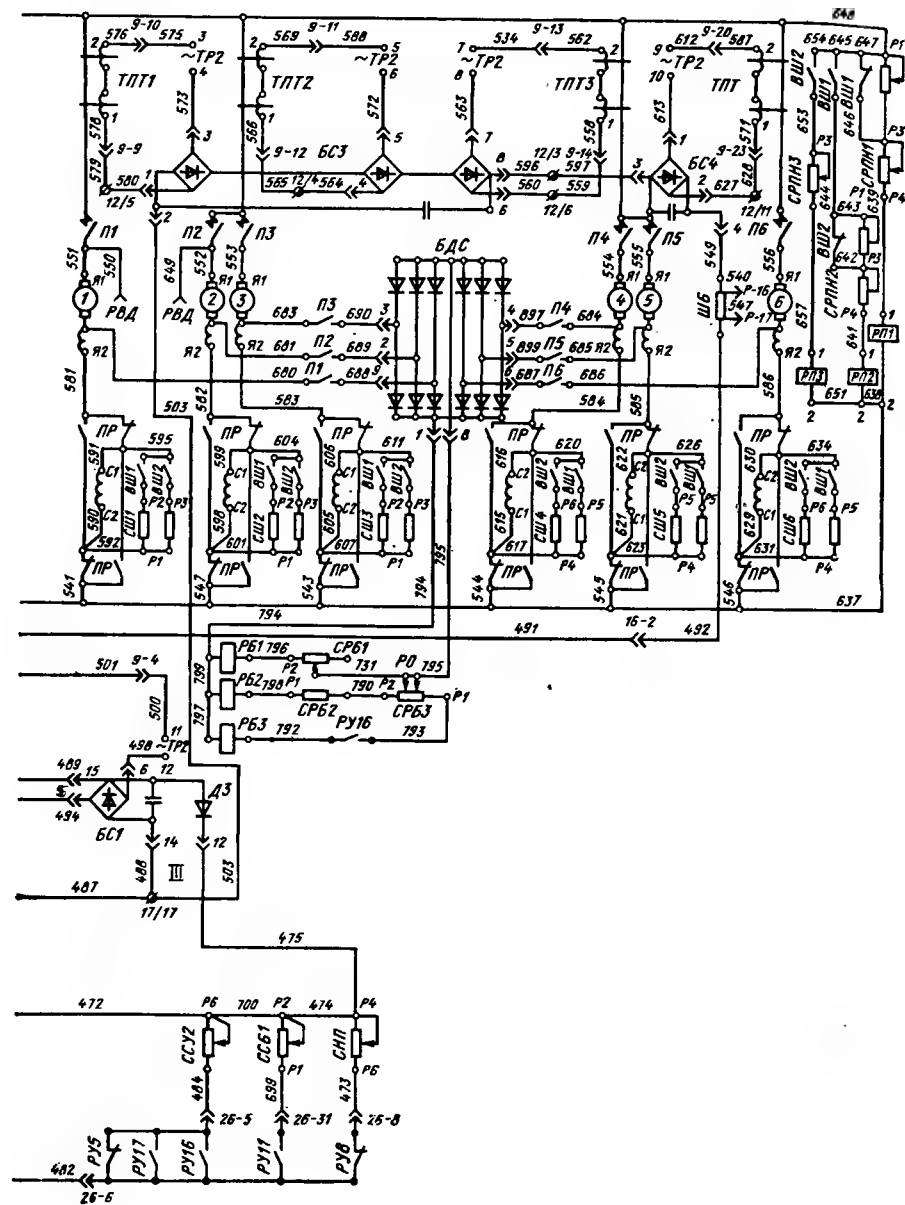
Цепь катушки электропневматического вентиля контактора П3: ОМ3, провод 1562, катушка вентиля П3, провод 1570, далее цепь совпадает с цепью вентиля П1.

Цепь катушки электропневматического вентиля контактора П4: тумблер ОМ4, провод 1561, катушка вентиля П4, далее цепь совпадает с цепью вентиля П1.

Цепь катушки электропневматического вентиля контактора П5: тумблер ОМ5, провод 1560, катушка вентиля П5, далее цепь совпадает с цепью вентиля П1.

Цепь катушки электропневматического вентиля П6: тумблер ОМ6, провод 1559, катушка вентиля П6, далее цепь совпадает с цепью вентиля П1.

Цепь катушки реле РУ5: провода 1557, 1392, замыкающий вспомогательный контакт контактора П6, провод 1385, замыкающий вспомогательный контакт контактора П1, провод 1386, замыкающий вспомогательный контакт контактора П2, провод 1387, замыкающий вспомогательный контакт контактора П3, провод 1388, замыкающий вспомогательный контакт контактора П4, про-



и тягового генератора тепловоза 2ТЭ116

вод 1389, замыкающий вспомогательный контакт контактора П5, провод 1333, контакты 14—8 ШР, провод 1334, зажим 21/7, провод 1332, контакты 25—28 ШР, катушка реле РУ5, контакты 26—45 ШР, провод 1713, зажим 22/8, провод 1714, контакты 2М—8 ШР, «минус» СГ.

Цепь катушки контактора КВ и ВВ: размыкающие контакты реле РУ2, перемычка, замыкающие контакты реле РУ5, контакты 25—27 ШР, провод 1311, зажим 21/8, провод 1328, контакты 14—7 ШР, провод 1327, размыкающие контакты реле Р3, провод 1341, размыкающие контакты реле РМ2, провод 1343, контакты БД4, провод 1344, контакты БД5, провод 1345, замыкающие контакты контактора КРН, провод 1346, контакты 9—24 ШР, провод 1347, зажим 21/10, провод 1340, контакты 21—13 ШР, провод 1336, контакты БД8, провод 1339, контакты 21—14 ШР, провод 1342, контакты БД2, провод 1358, зажим 19/7, провод 1361, контакты 16—36 ШР, провод 1368, контакты БД6, провод 1364, контакты БД7, провод 1365, зажим 25/1, провод 1362, контакты БВУ, перемычка, контакты БВУ, провод 1363, зажим 25/2, провод 1374, контакты 16—35 ШР, провод 1375, зажим 19/8, провод 1377, контакты 14—25 ШР, провод 1378, катушка КВ (провод 1372, катушка ВВ), провод 1380, зажим 31/3, провод 1575, контакты 3М—3 ШР, «минус» СГ.

Цепь питания катушки РВ3 после включения контактора КВ: замыкающие контакты реле РУ5, контакты 25—35 ШР, провод 1484, зажим 14/6, провод 1485, контакты 14—22 ШР, провод 1486, замыкающие вспомогательные контакты контактора КВ, провод 2540, катушка реле РВ3, провода 1494, 1373, 1380, зажим 31/3, провод 1575, контакты 3М—3 ШР, «минус» СГ.

Цепи включения возбуждения тягового генератора в режиме тяги на ведомой секции. На 1-й позиции контроллера тягового режима с ведущей секции на ведомую подается питание от зажима 18/15 через провод 9, контакты 15 разъема ведущей секции, межтепловозные соединения, контакт 11 разъема ведомой секции, провод 10, зажим 18/11, провод 1536, контакты 16—21 ШР, провод 1529, катушку вентиля реверсора Н, провода 1532, 1527, 1525, зажим 25/19, провод 1622, зажим 22/4, провод 1809, контакты 2М—4 ШР, «минус» СГ.

После разворота реверсора ведомой секции в положение «Назад» замыкается его вспомогательный контакт Н и далее питание и последовательность срабатывания аппаратов ведомой секции аналогичны ведущей.

Цепь первого тягового электродвигателя (рис. 141): «плюс» выпрямительной установки (ВУ), кабели 527 (526), замыкающие главные контакты контактора П1, кабель 551, якорь первого тягового электродвигателя 1, кабель 581, главные контакты реверсора, замкнутые в положении «Вперед», кабель 591, обмотка возбуждения тягового электродвигателя 1, кабель 590, главные контакты реверсора, замкнутые в положении «Вперед», кабель 541, шунт амперметра Ш1, кабель 524 (525), «минус» ВУ.

Цепи остальных тяговых электродвигателей (см. рис. 141) аналогичны цепи первого электродвигателя, поэтому не приводятся.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о последовательности действий при включении возбуждения тягового генератора в режиме холостого хода.
2. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих включение возбуждения тягового генератора в режиме холостого хода.
3. Рассказать о последовательности операций при включении возбуждения тягового генератора в режиме тяги.
4. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих включение возбуждения тягового генератора в режиме тяги.
5. Показать на схеме силовую цепь тепловоза.

8.3. РАБОТА СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Система возбуждения тягового генератора обеспечивает постоянство его мощности в широком диапазоне изменения тяговой нагрузки, а также ограничения технических параметров элементов электропередачи по току и напряжению.

Систему возбуждения можно разделить на силовую цепь, питающую обмотку возбуждения тягового генератора, и систему автоматического регулирования возбуждения, управляющую работой силовой цепи возбуждения.

Силовая цепь системы возбуждения состоит из возбудителя СВ (см. рис. 141); управляемого выпрямительного моста УВВ, узла коррекции, включающего в себя трансформатор ТК и выпрямительный мост ВК.

Возбудитель СВ — однофазный синхронный генератор переменного тока, который получает возбуждение от цепи управления (обмотка статора $U_1—U_2$), а переменное напряжение с колец ротора $C_1—C_2$ подается на вход УВВ. Управляемый выпрямительный мост представляет собой несимметричный мостовой выпрямитель, в два плеча которого включены тиристоры $+T$ и $-T$, а в два других — обычные неуправляемые диоды $D3$ и $D4$. Последовательно с тиристорами включены неуправляемые диоды $D1$ и $D2$ для обеспечения возбуждения тягового генератора в аварийном режиме при выходе из строя тиристоров или элементов цепи управления ими. Защита вентиля моста от коммутационных перенапряжений осуществляется шунтирующими цепочками из резисторов и конденсаторов, а от токов короткого замыкания — быстродействующим плавким предохранителем ПР1.

Значение тока возбуждения тягового генератора регулируется изменением переменного напряжения на выходе возбудителя и выпрямленного напряжения УВВ. Первое производится при изменении частоты вращения ротора возбудителя (при наборе или сбросе позиций), второе с помощью тиристоров путем изменения

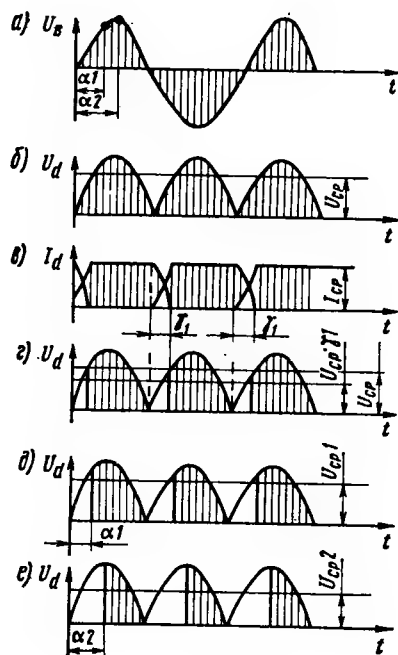


Рис. 142

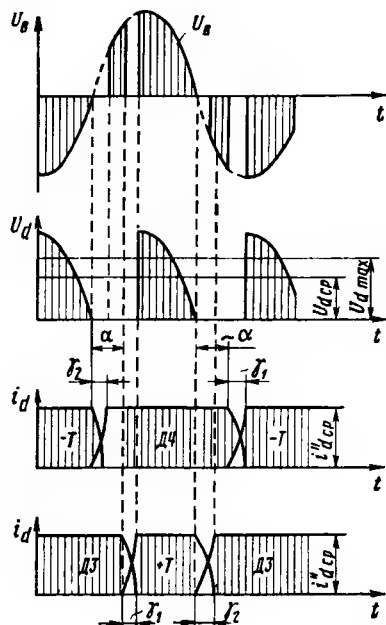


Рис. 143

Рис. 142. Графики изменения напряжения и тока:

а — выпрямляемое напряжение возбудителя; б — выпрямленное напряжение возбудителя; в — выпрямленный ток с учетом угла коммутации γ ; г — выпрямленное напряжение с учетом угла коммутации γ ; д — выпрямленное напряжение при угле регулирования $\alpha > 0$; е — выпрямленное напряжение при угле регулирования $\alpha_2 > \alpha_1$.

Рис. 143. Графики изменения напряжения и тока в цепи выпрямительного моста УВВ тепловоза 2ТЭ116

момента их включения (изменения продолжительности их открытого состояния).

Если тиристоры закрыты, то при подаче переменного напряжения с возбудителя на вход УВВ на выходе УВВ выпрямленное напряжение будет равно нулю. Управляющие импульсы для открытия тириستоров подаются поочередно на управляющий электрод соответствующего тиристора в положительный или отрицательный период синхронно с поступающей на них волной синусоидального тока. Путь тока при открытии тиристора $+T$ в положительный полупериод показан на рис. 141 сплошной линией.

Промежуток времени от момента подачи положительной полуволны переменного напряжения с возбудителя на анод тиристора $+T$ до момента подачи отпирающего импульса на управляющий электрод называется *углом регулирования*. Как видно из графика (рис. 142), с увеличением угла регулирования α (от 0 до 180°)

уменьшается среднее значение выпрямленного напряжения U_{cp} (рис. 142, д, е). Среднее значение выпрямленного напряжения можно считать пропорциональным заштрихованной площади, ограниченной кривой выпрямленного напряжения.

Значение импульсов и момент подачи их (угол регулирования α) в каждый полупериод питающего напряжения формируют блок управления возбудителя БУВ, являющийся выходным узлом системы автоматического регулирования возбуждения.

Прежде чем рассматривать процесс выпрямления и регулирования напряжения на выходе УВВ, рассмотрим процесс выпрямления тока на неуправляемом выпрямителе (процесс возможен при аварийном режиме возбуждения тягового генератора).

В момент перехода питающего напряжения через нуль ток каждой полуволны выпрямленного напряжения не может мгновенно исчезнуть, так как значение индуктивности обмотки возбуждения тягового генератора значительно и при уменьшении тока возбуждения э. д. с. самоиндукции обмотки возбуждения будет стремиться воспрепятствовать его уменьшению.

Таким образом, в конце каждого положительного (отрицательного) полупериода, когда напряжение спадает до нуля, выпрямленный ток будет иметь некоторое значение и спадет до нуля только через некоторое время. После перехода питающего напряжения через нуль во второй ветви моста начнет возрастать выпрямленный ток. Для выпрямителя наступает такой режим, когда ток протекает одновременно в обеих ветвях через все четыре диода. Режим одновременной работы диодов называют *периодом коммутации*, который характеризуется углом коммутации γ . В период коммутации обмотка возбудителя $C1-C2$ оказывается короткозамкнутой, выходное переменное напряжение возбудителя в период коммутации практически равно нулю и возрастает скачкообразно после окончания периода коммутации.

В управляемом несимметричном мостовом выпрямителе УВВ процесс выпрямления и регулирования имеет более сложный характер, чем в описанном ранее неуправляемом выпрямителе, так как на процесс выпрямления оказывают влияние и угол регулирования α , и угол коммутации γ . На рис. 143 даны графики изменения напряжения возбудителя и выпрямленного тока и напряжения в выпрямителе УВВ.

В момент окончания работы тиристора $-T$ в отрицательный полупериод и на период задержки открытия тиристора $+T$ на угол α , т. е. когда тиристоры закрыты, выпрямленное напряжение на выходе выпрямителя практически равно нулю, но ток в обмотке возбуждения тягового генератора не прерывается, а поддерживается за счет э. д. с. самоиндукции этой обмотки, проходя в том же направлении через диоды $D3$ и $D4$ (штрихпунктирная линия на рис. 141). Из рис. 142 видно, что процесс коммутации происходит между тиристорами и диодами разных ветвей. Угол коммутации тириستоров $+T$ и $-T$ соответствует моменту их открытия после задержки на угол α . В связи с этим переменное

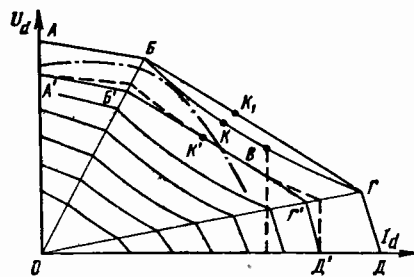


Рис. 144. Внешняя характеристика выпрямителя ВУ

напряжение на выходе возбuditеля в периоды коммутации γ_1 и γ_2 имеет характерные провалы.

Узел коррекции в силовой цепи возбуждения предназначен для подпитки постоянным током обмотки возбуждения возбuditеля $U_1—U_2$ с целью компенсации падения напряжения возбuditеля при возрастании тока нагрузки (возбуждения тягового генератора). Первичная обмотка трансформатора ТК включена в силовую цепь обмотки возбуждения

тягового генератора, а вторичная — через выпрямительный мост ВК на обмотку возбуждения СВ, поэтому при увеличении тока возбуждения пропорционально ему увеличивается ток подпитки в обмотке возбуждения возбuditеля, поддерживая неизменными напряжение и ток на выходе возбuditеля.

Система автоматического регулирования возбуждения тягового генератора. Автоматическое регулирование возбуждения тягового генератора обеспечивается совместной работой объединенного регулятора дизеля, тахометрического блока задания (БЗВ), узла обратной связи по току и напряжению выпрямителя ВУ генератора, селективного узла СУ и блока управления возбуждением БУВ.

Система автоматического регулирования возбуждения тягового генератора обеспечивает поддержание постоянства мощности, отбираемой от дизеля генератором на каждой позиции контроллера, а также ограничение предельных параметров элементов электропередачи по току и напряжению, что отражено на внешней характеристике генератора АБГД (рис. 144), где участок АБ характеризует ограничение по максимальному напряжению (максимальное напряжение определяется предельным напряжением выпрямительной установки); рабочий участок БГ, удовлетворяющий условию $N = \text{const}$, характеризует ограничение по мощности дизеля; участок ВГ указывает на ограничение длительности реализуемых токов (по условиям тяговых электродвигателей и диодов выпрямительной установки); участок ГД является ограничением по максимальному току элементов электропередачи.

Принцип автоматического регулирования режима работы электропередачи тепловоза 2ТЭ116 основан на том, что сигнал задания, поступающий от блока БЗВ и индуктивного датчика ИД, сравнивается в селективном узле СУ с сигналами обратной связи, поступающими от трансформаторов тока ТПТ и трансформатора напряжения ТПН.

Разность этих сигналов поступает в блок БУВ, который устанавливает необходимый ток возбуждения, а следовательно, ток и напряжение тягового генератора.

Тахометрический блок БЗВ получает питание с выводов С1—С2 возбuditеля СВ. С выводов 2, 3 БЗВ выпрямленное напряжение, строго пропорциональное частоте выходного напряжения возбuditеля, а следовательно, и частоте вращения вала дизеля, подводится к потенциометру задания ССУ2. При неизменной частоте вращения вала дизеля на каждой позиции контроллера машиниста значение напряжения БЗВ на каждой позиции будет неизменным и иметь строго определенное значение.

С выводов 5, 6 БЗВ переменное напряжение через индуктивный датчик объединенного регулятора дизеля ИД подается на выпрямительный мост БС1. Выпрямленное напряжение с выводов 1, 2 моста БС1 подается на потенциометр СИД. Потенциометр СИД и потенциометр ССУ соединены между собой, поэтому напряжение уставки и падение напряжения на потенциометре складываются, следовательно, при определенных условиях объединенный регулятор дизеля с помощью индуктивного датчика может менять напряжения уставки.

Узел обратной связи по току и напряжению выпрямителя тягового генератора состоит из трансформаторов постоянного тока ТПТ1—ТПТ4 и постоянного напряжения ТПН, выпрямительных мостов на выходе трансформаторов и потенциометров обратной связи ССУ1.

Управляющей обмоткой каждого трансформатора ТПТ являются кабели силовой цепи тяговых электродвигателей, а у трансформатора ТПН управляющая обмотка включена на напряжение выпрямителя ВУ. Следовательно, подмагничивание сердечников и выходные токи рабочих обмоток ТПТ и ТПН пропорциональны току и напряжению выпрямителя.

Управляющая обмотка У—У трансформатора ТПН включена на напряжение выпрямителя через регулируемый резистор СТН по цепи (см. рис. 141): кабель 526 (527), провод 504, обмотка У—У, провод 505, резистор СТН, провода 506, 635, кабель 524 (525). На рабочую обмотку Н1—Н2 трансформатора ТПН и выпрямительный блок БС1 переменное напряжение подается с зажимов 11—12 распределительного трансформатора Тр2 по цепи: зажим 11 Тр2, провод 500, контакты 9—4 ШР, провод 501, обмотка Н2—Н1 ТПН, провод 496, контакты 9—3 ШР, провод 495, зажим 12/19, провод 494, контакты 5 ШР БС1, выпрямительный блок БС1, контакты 6 ШР БС1, провод 498, зажим 12 распределительного трансформатора Тр2. Во второй полупериод ток в указанной цепи изменит направление. С выпрямителя БС1 выпрямленный ток поступает на выводы Р9, Р8 потенциометра ССУ1 по цепи: контакты 15 ШР БС1, провод 489, зажим Р9, потенциометр ССУ1, зажим Р8, провод 487, зажим 17/17, провод 488, контакты 14 ШР БС1. Напряжение на зажимах Р9, Р8 потенциометра ССУ1 выполняет функцию сигнала обратной связи по напряжению.

Управляющими обмотками трансформаторов ТПТ1—ТПТ4, как было сказано ранее, являются силовые кабели тяговых элек-

тродвигателей (см. рис. 141), а на рабочие обмотки трансформаторов $ТПТ1$ — $ТПТ4$ и выпрямительные мосты блоков $БСЗ$ и $БС4$ подается переменное напряжение от распределительного трансформатора $Тр2$.

Все четыре распределительных моста соединены последовательно и выпрямленное напряжение подается на зажимы $P1$ и $P8$ потенциометра $ССУ1$, с него снимается напряжение, выполняющее функцию сигнала обратной связи по току нагрузки.

В эту же цепь включены токовые катушки реле перехода $РП1$ и $РП2$, так как протекающий в них ток $i_{т\tau}$ обратной связи пропорционален току нагрузки тяговых двигателей. Последовательно соединенные выпрямительные мосты позволяют выделить наибольший из поступающих сигналов от трансформатора $ТПТ1$ — $ТПТ4$ (объяснение смотри в описании схемы тепловоза 2ТЭ10М).

Потенциометры обратной связи $ССУ1$, задания $ССУ2$ и индуктивного датчика $СИД$ образуют селективный узел. Минусовые точки потенциометров соединены между собой через управляющую обмотку $ОУ$ магнитного усилителя $МУ$ блока $БУВ$, а три плюсовые точки потенциометров $ССУ1$ и $ССУ2$ соединены между собой попарно через разделительные диоды $Д1$, $Д2$, $Д3$. Каждая пара с включенными в их цепь разделительным диодом и обмоткой управления $МУ$ образуют канал регулирования (I , II , III). Сигнал рассогласования каждого канала определяется разностью приложенных напряжений обратной связи и задания. В зависимости от значения сигнала рассогласования, поступающего в $МУ$, блок $БУВ$ изменяет угол регулирования тиристоров $+T$ и $-T$ управляемого выпрямительного моста $УВВ$. При минимальном сигнале рассогласования или его отсутствии в управляющей обмотке $МУ$ угол регулирования будет минимальным, а ток возбуждения тягового генератора наибольший для заданной позиции контроллера.

Для устранения неустойчивой работы цепи возбуждения, колебаний тока и напряжения тягового генератора применен узел стабилизации. Сигнал с него поступает на одну из обмоток управления магнитного усилителя блока $БУВ$. Эта обмотка называется стабилизирующей ($ОС$). Магнитный поток этой обмотки направлен встречно изменению магнитного потока в управляющей обмотке $ОУ$ от сигнала рассогласования. Эта обмотка работает только при переходных процессах в электрической цепи возбуждения генератора.

Работа системы автоматического регулирования возбуждения без электрической связи с объединенным регулятором дизеля. Внешняя характеристика $ВУ$ формируется селективным узлом, который выбирает сигналы обратной связи по току и напряжению выпрямителя тягового генератора, сравнивает их с сигналами задания и подает сигнал рассогласования в управляющую обмотку $МУ$ блока $БУВ$. В управляющей обмотке $МУ$ сигнал рассогласования определяется током $ТПТ$ при ограничении пускового тока, током $ТПН$ при ограничении максимального напряжения, а

также суммой токов $ТПТ$ и $ТПН$ при ограничении постоянной мощности на выходе выпрямителя тягового генератора.

Положение селективной характеристики задается блоком $БЗВ$ ($АБГД$ или $А'Б'Г'Д'$) (см. рис. 144), напряжение которого пропорционально частоте вращения дизеля, и снимается в виде сигнала уставки с потенциометра задания $ССУ2$. Формирование селективной характеристики и работа селективного узла аналогичны на всех позициях контроллера, но далее рассматриваются для номинального режима на 15-й позиции контроллера.

При переходе в тяговый режим ток возбуждения тягового генератора вначале будет определяться сопротивлением в цепи обмотки возбуждения возбудителя, так как ток и напряжение тягового генератора еще не успевают вырасти, выходные токи трансформаторов $ТПН$ и $ТПТ$ малы, сигнал рассогласования в управляющую обмотку $МУ$ блока $БУВ$ не поступает. Следовательно, угол регулирования будет минимальным, т. е. тиристоры будут открыты в начале полупериода, питающего напряжения, ток возбуждения наибольший, а напряжение тягового генератора должно резко возрасти. Якоря тяговых электродвигателей еще неподвижны, сопротивление их обмоток и соединительных кабелей мало, а поэтому при росте напряжения тягового генератора возрастает ток в силовой цепи, причем скорость роста тока значительно выше скорости роста напряжения. Из-за сильного подмагничивания сердечников $ТПТ$ быстро увеличивается их ток выхода и через выпрямительные мосты подается на потенциометр обратной связи $ССУ1$ (выводы $P1$ — $P8$) (см. рис. 141). Напряжение с потенциометра $ССУ1$ (выводы $P2$ — $P8$) в качестве сигнала обратной связи подается в канал I для сравнения с сигналом задания на выводах $P10$ — $P11$ потенциометра $ССУ2$. Так как ток выхода $ТПТ$ значительно выше тока выхода $ТПН$, то потенциал точки $P1$ выше потенциала точки $P9$ узла $ССУ1$, а поэтому сигнал по напряжению в селективный узел попасть не может.

При определенном значении тока тяговых электродвигателей сигнал обратной связи по току станет больше сигнала задания, разделительный диод $Д1$ откроет канал I и в управляющую обмотку $МУ$ блока $БУВ$ поступает сигнал рассогласования.

Сигнал рассогласования, поступивший по каналу I в обмотку $ОУ$ магнитного усилителя блока $БУВ$, вызовет увеличение угла регулирования α тиристоров выпрямительного моста $УВВ$, что вызовет уменьшение тока возбуждения и напряжения тягового генератора. Скорость роста тока уменьшится. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока напряжение тягового генератора не снизится до значения, необходимого для поддержания заданного максимального тока нагрузки, обеспечивающего необходимую силу тяги при трогании тепловоза.

Когда якоря тяговых электродвигателей начнут вращаться, на зажимах электродвигателей возникает противо-э.д.с. Ток силовой цепи, определяемый разностью напряжения выпрямителя генератора и противо-э.д.с., начнет уменьшаться. Это вызовет уменьшение

тока выхода трансформатора TPT , уменьшится сигнал рассогласования, что приведет к уменьшению угла регулирования и увеличению тока возбуждения и напряжения тягового генератора, что в свою очередь вызовет увеличение тока силовой цепи. Этому же способствует подпитка возбудителя от трансформатора коррекции.

Таким образом, автоматическая система регулирования возбуждения при трогании и разгоне тепловоза поддерживает примерно постоянный пусковой ток выпрямителя по прямой ГД внешней характеристики (см. рис. 144).

Постоянство пускового тока достигается за счет роста напряжения на выходе выпрямителя генератора. В точке Г внешней характеристики мощность на выходе выпрямителя достигает номинального значения. В этой точке характеристики ток выхода трансформатора TPT достигает такого значения, что потенциал точки $P9$ (см. рис. 141) становится равным потенциалу точки $P1$ на $ССУ1$. Составляющие токов $i_{тг}$ и $i_{тн}$, поступающие на потенциометр $P1—P9$, образуют суммарный сигнал по току и напряжению, превышающий сигнал задания по мощности на $ССУ2$, разделительный диод $D2$ открывает канал II . В это время падение напряжения от тока $i_{тг}$ на потенциометре U_{P1-P9} уменьшается, а сигнал обратной связи по току становится меньше сигнала задания по току, и распределительный диод $D1$ закрывает канал I .

Участок $БГ$ внешней характеристики выпрямителя должен быть гиперболическим, т. е. в каждой точке произведение тока на напряжение должно быть постоянным значением. Селективный узел позволяет поддерживать постоянным не произведение, а сумму тока и напряжения, поэтому характеристика получается не гиперболическая, а прямолинейная. При увеличении скорости движения тепловоза напряжение генератора растет, а ток уменьшается. Если у точки Г доля тока $i_{тг}$, поступающая на потенциометр $P1—P9$ велика, а доля тока $i_{тн}$ мала, то в дальнейшем эти значения токов обратной связи перераспределяются. Значение тока $i_{тг}$ уменьшается, а $i_{тн}$ увеличивается так, что суммарный сигнал обратной связи не будет изменяться, т. е. уменьшение тока $i_{тг}$ будет компенсироваться соответствующим увеличением тока $i_{тн}$. Следовательно, при уменьшении тока нагрузки напряжение увеличивается почти по линейной зависимости.

Процесс ограничения мощности при увеличении скорости происходит до точки Б внешней характеристики выпрямителя. В этой точке ток $i_{тн}$ становится настолько большим, что сигнал обратной связи по напряжению превышает сигнал задания по напряжению и диод $D3$ открывает канал III . В этот момент потенциал точки $P9$ на $ССУ1$ становится больше потенциала точки $P1$ и составляющая тока $i_{тг}$ не будет поступать на потенциометр $P1—P9$. Суммарный сигнал по току и напряжению уменьшается, разделительный диод $D2$ закрывается, отключая канал II .

Участок $АБ$ внешней характеристики соответствует ограничению напряжения. При увеличении напряжения на выходе выпрямителя увеличивается сигнал обратной связи по напряжению.

Сигнал рассогласования будет увеличивать угол регулирования α тиристоров выпрямителя $УВВ$, что приведет к уменьшению тока возбуждения и напряжения тягового генератора. Таким образом, на участке $АБ$ внешней характеристики значение напряжения на выходе выпрямителя и угол регулирования α находятся в такой зависимости, что они как бы контролируют друг друга, т. е. происходит ограничение напряжения тягового генератора.

Формирование гиперболической внешней характеристики тягового генератора. Рассмотрим формирование внешней характеристики тягового генератора при наличии электрической связи (датчик $ИД$ включен в систему автоматического регулирования возбуждения тягового генератора) между селективным узлом и объединенным регулятором дизеля. На рис. 144 показана гиперболическая внешняя характеристика $ГКБ$, характеризующая полное совпадение мощности дизеля и генератора, и селективная характеристика $ГК_1Б$, получаемая при отключении датчика $ИД$ объединенного регулятора дизеля. Прямолинейная селективная характеристика расположена выше гиперболической, кроме точек Б и Г. Следовательно, во всех точках характеристики $ГК_1Б$ мощность тягового генератора будет выше мощности дизеля, что приведет к перегрузке дизеля, а перегрузка приведет к уменьшению частоты вращения вала дизеля. Дополнительная перегрузка дизеля возникает при включении потребителей собственных нужд тепловоза (например, включение компрессора, вентиляторов и т. д.).

Чтобы не происходила перегрузка дизеля и чтобы дизель работал с номинальной частотой вращения, на всех режимах применяется дополнительная регулировка мощности с помощью объединенного регулятора дизеля.

В канале II (см. рис. 141) задания по мощности потенциометра $ССУ2$ включен потенциометр $СИД$, напряжение на котором зависит от значения индуктивного сопротивления катушки $ИД$. Это напряжение складывается с напряжением задания потенциометра $ССУ2$. Таким образом, под действием $ИД$ сигнал задания по мощности может меняться.

Для создания определенного запаса по регулированию сигнал по мощности выбирается таким, чтобы при полностью вдвинутом внутрь якоря индуктивного датчика селективная характеристика $А'Б'Г'Д'$ проходила ниже внешней гиперболической характеристики; при полностью выдвинутом из катушки якоря индуктивного датчика проходила выше гиперболической части через точки Б и Г (см. рис. 144).

Рассмотрим действие объединенного генератора при недогрузке (отключились компрессор, вентиляторы охлаждения). При включенном компрессоре режим работы дизель-генератора характеризовался, например, точкой $К'$ на селективной характеристике $А'Б'Г'Д'$. При выключении компрессора отбираемая мощность от дизеля уменьшится, частота вращения вала дизеля возрастет, и объединенный регулятор дизеля выдвинет якорь индуктивного датчика из катушки, увеличивая ток и падение напряжения на потеи-

циометре СИД. Это приведет к увеличению уставки по мощности, а сигнал рассогласования, поступающий в управляющую обмотку МУ, при этом уменьшится. Угол регулирования α тиристоров выпрямителя УВВ уменьшится, а это повлечет увеличение тока возбуждения и напряжения тягового генератора. При повышении отбираемой мощности и достижении равенства с мощностью дизеля частота вращения вала дизеля станет номинальной, и объединенный регулятор приостановит перемещение индуктивного датчика. Результирующий сигнал задания станет больше, а сигнал рассогласования меньше и точка K' займет положение K на гиперболической внешней характеристике.

Рассмотрим работу объединенного регулятора при перегрузке дизеля (в момент после включения компрессора). Режим работы дизель-генератора в это время, например, соответствует точке K_1 на характеристике АБГД (см. рис. 144). При перегрузке дизеля частота вращения вала дизеля уменьшается, и объединенный регулятор вдвигает якорь индуктивного датчика внутрь катушки, увеличивая сопротивление цепи и уменьшая ток и падение напряжения на потенциометре СИД. Этим уменьшается значение уставки по мощности, а сигнал рассогласования, поступающий в управляющую обмотку МУ, увеличивается. Угол регулирования тиристоров выпрямителя УВВ увеличивается, что влечет за собой уменьшение тока возбуждения и напряжения тягового генератора. При уменьшении отбираемой мощности и достижении равенства с мощностью дизеля частота вращения вала дизеля станет номинальной, и объединенный регулятор приостановит перемещение якоря индуктивного датчика.

Результирующий сигнал задания будет меньше, а сигнал рассогласования будет больше и точка K' займет положение K на гиперболической характеристике.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о назначении системы возбуждения тягового генератора и перечислить ее элементы.
2. Рассказать о работе системы автоматического регулирования тягового генератора на режимах, характеризующихся участками ГД, ГБ и АБ внешней характеристики тягового генератора.
3. Рассказать, как формируется гиперболическая внешняя характеристика тягового генератора.

8.4. ЦЕПИ НАБОРА ПОЗИЦИЙ

Скорость движения поезда увеличивается перемещением штурвала контроллера с 1-й позиции на последующие. При переходе на очередную позицию частота вращения вала дизеля увеличивается за счет увеличения затяжки всережимной пружины объединенного регулятора после включения соответствующих электромагнитов МР1—МР4.

Позиция контроллера	Катушки электромагнитов				Позиция контроллера	Катушки электромагнитов			
	МР1	МР2	МР3	МР4		МР1	МР2	МР3	МР4
2	+	—	—	+	9	—	—	+	—
3	+	—	—	—	10	+	—	+	+
4	—	+	—	+	11	+	—	+	—
5	—	+	—	—	12	—	+	+	+
6	+	+	—	+	13	—	+	+	—
7	+	+	—	—	14	+	+	+	+
8	—	—	+	+	15	+	+	+	—

Примечание. Здесь «+» означает включенное состояние электромагнита, а «—» — выключенное.

Состояние электромагнитов на каждой позиции контроллера приведено в табл. 37.

Катушка электромагнита МР1 (см. рис. 140): провод 1696 (общая плюсовая шина контроллера машиниста), контакты 10КМ, провод 1637, зажим 4/15, провод 1638, контакты 5—24 ШР, провод 1639, зажим 18/2, провод 1640, контакты 17—36 ШР, провод 1503, зажим Д/1, контакты 1ШР регулятора, катушка МР1, контакты 11, 12 ШР регулятора, зажим Д/7, провод 1203, контакты 17-15 ШР, провод 1204, зажим 22/1, провод 1205, контакты 2М-1 ШР.

Катушка электромагнита МР2: контакты 9КМ, провод 1625, зажим 4/16, провод 1626, контакты 5—25 ШР, провод 1627, зажим 18/3, провод 1628, контакты 17—35 ШР, провод 1500, зажим Д/12, контакты 2 ШР регулятора, катушка МР2 и далее цепь та же, что и для катушки МР1.

Катушка электромагнита МР3: контакты 8КМ, провод 1643, зажим 4/14, провод 1644, контакты 5—22 ШР, провод 1645, зажим 18/4, провод 1646, контакты 17—37 ШР, провод 1506, зажим Д/3, контакты 3ШР регулятора, катушка МР3 и далее цепь та же, что и для катушки МР1.

Катушка электромагнита МР4: контакты 2КМ, провод 1647, зажим 4/13, провод 1648, контакты 5—21 ШР, провод 1649, зажим 18/18, провод 1650, контакты 17—38 ШР, провод 1507, зажим Д/4, контакты 4ШР регулятора, катушка МР4, далее цепь та же, что и для катушки МР1.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о последовательности действий при наборе позиций.
2. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих набор позиций.

8.5. ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ ОСЛАБЛЕНИЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Цепь управления ослаблением возбуждения тяговых электродвигателей включается тумблером *ТУП*. Включение реле перехода *РП1* происходит при скорости 35—45 км/ч, а реле *РП2* — при скорости 55—65 км/ч. При этом образуются цепи питания катушек вентилей *ВШ1* и *ВШ2* групповых контакторов ослабления возбуждения (см. рис. 140).

Катушка ВШ1: плюсовая шина контроллера машиниста, контакты *7КМ*, замкнутые с 4-й по 15-ю позицию, провод *1615*, зажим *4/4*, провод *1814*, контакты *4—1 ШР*, контакты тумблера *ТУП*, контакты *4—2 ШР*, провод *1857*, зажим *4/9*, провод *1695*, контакты *5—9 ШР*, провод *1698*, зажим *18/14*, провод *1516*, контакты *16—39 ШР*, провод *1517*, замыкающие контакты *РП1*, провод *901*, контакты *16—17 ШР*, провод *900*, зажим *16/11*, провод *2328*, контакты *14—40 ШР*, провод *1515*, размыкающие контакты реле *РВ2*, провод *1514*, контакты *14—43 ШР*, провод *2329*, зажим *17/18*, провод *2129*, контакты *16—8 ШР*, провод *2130*, катушка вентилей *ВШ1*, провода *1527*, *1525*, зажим *25/19*, провод *1622*, зажим *22/4*, провод *1809*, контакты *2М—4 ШР*, «минус» *СГ*.

Катушка вентилей ВШ2: провода *1517*, *1519*, замыкающие контакты реле *РП2*, провод *1778*, контакты *16—25 ШР*, провод *1779*, зажим *15/15*, провод *1265*, контакты *14—37 ШР*, провод *1224*, размыкающие контакты *РВ2*, провод *1513*, контакты *14—10*, провод *1553*, зажим *13/16*, провод *1544*, контакты *16—37 ШР*, провод *1523*, катушка вентилей *ВШ2* и далее аналогично цепи катушки вентилей *ВШ1*.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о назначении ослабления возбуждения тяговых электродвигателей.
2. Объяснить назначение и показать на схеме цепи катушек реле *РП1* и *РП2*.
3. Показать на схеме цепи вентилей переключателей *ВШ1* и *ВШ2*.

8.6. ЦЕПЬ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Аккумуляторная батарея на тепловозе при работающем дизеле находится в режиме постоянного подзаряда. Когда напряжение стартер-генератора выше напряжения аккумуляторной батареи, то создается цепь подзаряда (см. рис. 139): зажим *Я* стартер-генератора, провода *976*, *960*, предохранитель *ПР4*, провод *973*, диод заряда батареи *ДЗБ*, провод *974*, резистор *СЗБ*, провод *971*, шунт амперметра *ШЗБ*, провода *969*, *958*, *952*, разъединитель *ВБ*, провод *950*, аккумуляторная батарея, провод *951*, разъединитель *ВБ*, провод *953*, зажим *26/1*, провод *955*, зажим *Д2* стартер-генератора.

8.7. ЦЕПИ ВКЛЮЧЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Цепь включения электродвигателя компрессора. Пуск электродвигателя компрессора возможен только при работающем дизель-генераторе, когда включен контактор *КРН*, автомат *А5 «Компрессор»*, тумблер *ТРК «Тумблер реле компрессора»* и когда давление в главных резервуарах ниже 0,75 МПа. Последовательность срабатывания аппаратов в цепи пуска компрессора: сначала срабатывает вентиль *ВР*, и клапан вентилей открывает отверстие для перепуска воздуха из воздухопровода автоматики 0,55 МПа в разгрузочное устройство компрессора, которое позволяет соединить наборную магистраль с атмосферой, обеспечивая тем самым пуск компрессора без противодавления.

При давлении воздуха ниже 0,75 МПа контакты реле *РДК3* (провода *1184*, *1186*) замкнут минусовую цепь реле *РУ24*. Реле *РУ24* срабатывает, и его замыкающие контакты (провода *1191*, *1190*) создадут цепь катушки реле *РВ1*. Реле *РВ1* срабатывает, и его замыкающий контакт с выдержкой времени на размыкание (провода *1072*, *1054*) создаст цепь на катушку контактора *КДК*. Контакт *КДК* срабатывает, и его главные контакты подключают электродвигатель компрессора *К* к стартер-генератору, при этом в цепь якоря электродвигателя *К* будет введено сопротивление *СПК*. Вспомогательные контакты контактора *КДК* (провода *1165*, *1077*) создадут цепь на катушку *КДК* параллельно контактам реле времени *РВ1*. Другие вспомогательные контакты разорвут цепь катушки реле *РВ1*, но его размыкающие контакты (провода *1047*, *1288*) замкнутся только через 1,8—2,0 с. За это время частота вращения якоря электродвигателя *К* при пониженном напряжении и ограниченном пусковым токе достигнет номинального значения. После замыкания контактов реле *РВ1* создается цепь на катушку контактора *КУДК*, контактор *КУДК* срабатывает, его главные контакты шунтируют резистор *СПК* в цепи якоря электродвигателя *К*, а вспомогательные (провода *1023*, *1004*) разрывают цепь вентилей *ВР*, вентиль отключится и тем самым разъединит наборную магистраль с атмосферой. При достижении давления в главных резервуарах 0,9 МПа контакты реле *РДК* размыкаются и разрывают цепь катушек реле *РУ24*, контакторов *КДК* и *КУДК*. Электродвигатель *К* отключается, компрессор прекращает работать, а электрическая цепь приводится в первоначальное состояние.

Цикл пуска электродвигателя компрессора повторяется при снижении давления в главных резервуарах до 0,75 МПа, когда вновь включаются контакты реле *РДК*.

Цепь катушки вентилей ВР (см. рис. 139): автомат *А5 «Компрессор»*, провод *2800*, зажим *12/12*, провод *1447*, контакты *16—11 ШР*, провод *1023*, размыкающие вспомогательные контакты контактора *КУДК*, провод *1004*, контакты *16—13 ШР*, провод *1011*, зажим *12/19*, провод *1088*, контакты *18—41 ШР*, провод *1086*, зажим *Х2/16*, провод *1084*, катушка вентилей *ВР*, провод *988*, «минус» *СГ*

Цепь катушки реле РУ24: зажим 12/12, провод 1165, контакты 9-35 ШР, провод 1175, замыкающие вспомогательные контакты контактора КРН, провод 1016, контакты 9-16 ШР, провод 1014, зажим 16/9, провод 1017, контакты 26—15 ШР, катушка реле РУ24, контакты 26—42 ШР, провод 1192, зажим 20/13, провод 1270, контакты 9—36 ШР, провод 1271, зажим 30/16, провод 1180, контакты ТРК, провод 1183, зажим 30/2, провод 1184, контакты РДКЗ, провод 1186, зажим 31/8, провод 1187, контакты 3М—8 ШР, «минус» СГ.

Цепь катушки реле РВ1: зажим 12/12, провод 1165, контакты 9—35 ШР, провода 1175, 1165, 1072, 1073, катушка реле РВ1, провод 1050, размыкающие вспомогательные контакты контактора КДК, провод 1068, контакты 9—42, провод 1067, зажим 16/13, провод 1191, контакты 26—30 ШР, замыкающие контакты РУ24, контакты 26—20 ШР, провод 1190, зажим 22/20, провод 1093×2, зажим 24/3, провод 1099, контакты 2М—20 ШР, «минус» СГ.

Цепь катушки контактора КДК: зажим 12/12, провод 1165, контакты 9—35 ШР, провода 1175, 1165, 1072, замыкающие контакты реле РВ1, провода 1054, 1077, катушка КДК, провод 1056, контакты 9—17 ШР, провод 1057, зажим 16/15, провод 1169, контакты 26—19 ШР, последовательно соединенные контакты РУ24, контакты 26—20 ШР, провод 1190, зажим 22/20, провод 1093×2, зажим 24/3, провод 1099, контакты 2М—20 ШР, «минус» СГ.

Цепь катушки контактора КУДК: зажим 12/12, провод 1165, контакты 9—35 ШР, провода 1175, 1165, замыкающие вспомогательные контакты контактора КДК, провода 1054, 1047, размыкающие контакты РВ1, провод 1288, контакты 9—34 ШР, провод 1287, зажим 15/12, провод 1078, контакты 16—34 ШР, провод 1055, катушка КУДК, провод 1198, зажим 25/18, провод 1147, зажим 22/13, провод 1157, контакты 2М—3 ШР, «минус» СГ.

Цепь электродвигателя К: вывод Я1 стартер-генератора, провод 976, предохранитель ПРЗ, провод 962, главные контакты контактора КДК, провод 963, главные контакты контактора КУДК, провод 968, якорь электродвигателя К, провод 970, зажим 26/1, провод 955, вывод Д2 стартер-генератора. Шунтовая обмотка возбуждения электродвигателя К подсоединяется одним концом проводом 967 к главным контактам контактора КДК, а вторым концом к проводу 970.

Цепь включения электродвигателя маслопрокачивающего насоса. На тепловозе предусмотрена возможность предварительной прокачки масла в системе дизеля до пуска дизеля. При включении тумблера прокачки ОМН подается питание на катушку контактора КМН по цепи: автомат АЗ «Дизель», провода 1148, 1151, размыкающие вспомогательные контакты контактора КРН2, провод 1807, контакты 6—41 ШР, провод 1809, зажим 3/18, провод 1219, контакты 4—7 ШР, тумблер ОМН, контакты 4—6 ШР, провод 1220, зажим 4/7, провод 1221, контакты 6—13 ШР, провод 1222, катушка контактора КМН, провод 1711, зажим 22/9, провод 1719, контакты 2М—9 ШР.

Цепи включения электродвигателей переменного тока. Все электродвигатели переменного тока асинхронные трехфазные с короткозамкнутым ротором. Для равномерного распределения нагрузки на напряжение одной звезды статора 2С1—2С3 тягового генератора включены мотор-вентиляторы 1МВ, 3МВ, 2МТ; на напряжение второй звезды статора 1С1—1С3 включены мотор-вентиляторы 4МВ, 2МВ и 1МТ и электродвигатель вентилятора охлаждения выпрямительной установки ВВУ.

Включение электродвигателей 1МТ—2МТ и АВУ осуществляется непосредственно автоматами 1АТ—2АТ и АВУ. Мотор-вентиляторы 1МВ—4МВ включаются трехфазными контакторами К1—К4, которыми управляет автоматика холодильной камеры, или вручную.

Контрольные вопросы

1. Показать на схеме цепь зарядки аккумуляторной батареи.
2. Рассказать о последовательности срабатывания аппаратов в цепи пуска компрессора.
3. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих пуск компрессора.
4. Рассказать о назначении и показать на схеме цепи включения электрических машин переменного тока.

8.8. ЦЕПИ ВКЛЮЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДЫ И МАСЛА ДИЗЕЛЯ

Автоматическое регулирование температуры воды и масла в системе дизеля. Для поддержания заданных оптимальных температур воды и масла систем охлаждения дизеля на тепловозе предусмотрено автоматическое и ручное дистанционное управление жалюзи и мотор-вентиляторами холодильной камеры. Чтобы включить системы автоматического регулирования температуры холодильника (рис. 145), необходимо включить автомат А6 «Управление холодильником», перевести тумблер ТХ «Управление холодильником» в положение «Автоматическое», перевести рукоятку контроллера в положение «Вперед» или «Назад». При повышении температуры воды и масла терморегуляторы, установленные в системах охлаждения воды и масла, выдвигают штоки и при достижении определенных температур включают поочередно микровыключатели воды ОВ—2В и масла ОМ—2М, которые в свою очередь создают цепь на вентили, управляющие открытием жалюзи, и на катушки контакторов, включающие мотор-вентиляторы.

Цепь питания катушки вентиля ВП5, управляющего приводом правых боковых жалюзи: зажим 24/1, провода 1237×2, 1238, 1239, автомат А6 «Управление холодильником», провод 2201, зажим 14/18, провод 2198, контакты 6—5 ШР, провод 2197, зажим 7/1, провод 2196, контакты реверсивного механизма контроллера машины, провод 2193, контакты 3—2 ШР, контакты тумблера ТХ,

замкнутые в положении «Автоматическое», контакты 3—3 ШР, провод 2204, зажим 6/10, провод 2205, контакты 6—6 ШР, провод 2206, зажим 20/8, провод 2235, контакты 18—18 ШР, провод 2233, зажим X1/15, провод 2232, контакты 2 разъема терморегулятора, контакты микровыключателя ОВ, контакты 1 разъема терморегулятора, провод 2241, зажим X1/16, провод 2243, контакты 18—19 ШР, провод 2244, зажим 15/3, провод 2245, контакты 27—6 ШР, диод Д3, контакты 27—7 ШР, провод 2349, зажим 16/16, провод 2364, контакты 18—14 ШР, провод 2369, зажим X2/1, провод 2275, катушка вентиля ВП5, провод 2381, зажим X2/20, провод 2360, кон-

такты 18—25 ШР, провод 2370, зажим 22/16, провод 2330, контакты 2М—17, «минус» СГ.

Цепь питания катушки контактора К1, управляющего включением мотор-вентилятора 1МВ: контакты микровыключателя 1В, контакты 1 разъема терморегулятора, провод 2278, зажим X1/17, провод 2281, контакты 18—20 ШР, провод 2282, зажим 15/19, провод 2283, контакты 27—8 ШР, диод Д6, контакты 27—10 ШР, провод 2262, зажим 16/8, провод 2263, контакты 18—8 ШР, провод 2265, зажим X1/6, провод 2271, катушка контактора К1, провод 2378, зажим X2/20 и далее цепь совпадает с цепью вентиля ВП5.

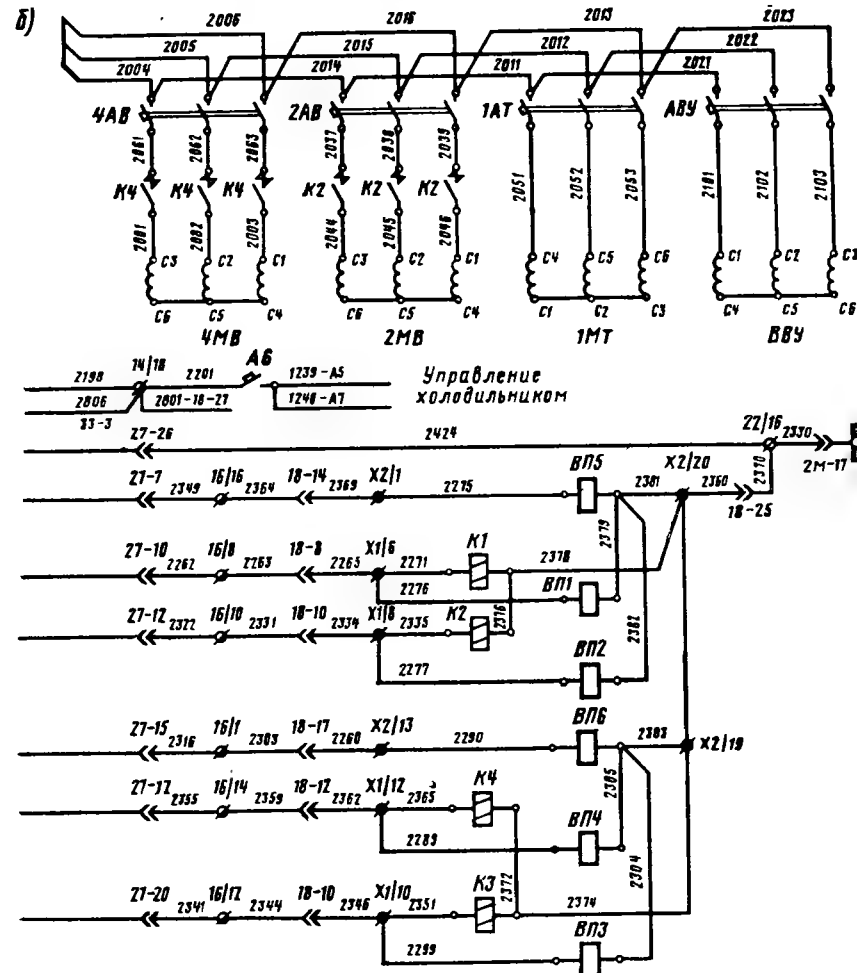
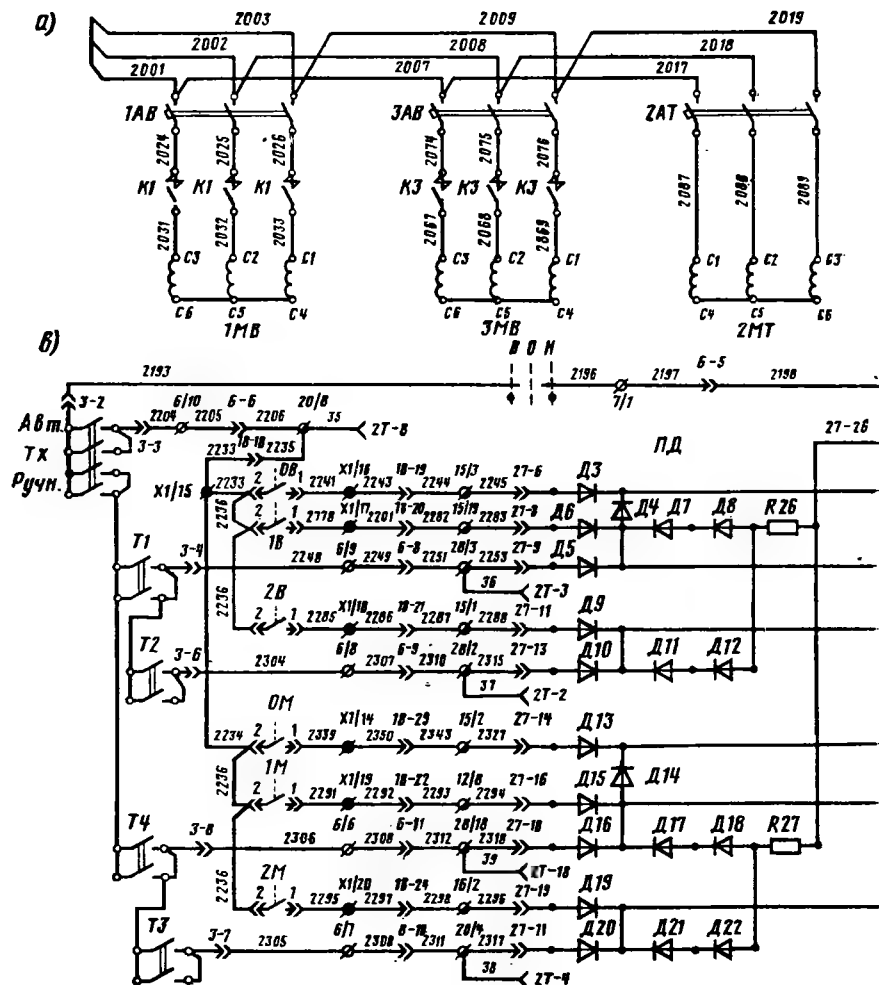


Рис. 145. Электрическая схема вспомогательных

цепей тепловоза 2ТЭ116

Схема включения электродвигателя МВ1 представлена на рис. 145, а.

Цепь питания катушки вентиля ВП1, управляющего приводом верхних жалюзи мотор-вентилятора МВ1: зажим Х1/6, провод 2276, катушка вентиля ВП1, провода 2379, 2381, зажим Х2/20.

Цепь питания катушки контактора К2, управляющего включением мотор-вентилятора МВ2: провод 2236, контакт 2 разъема терморегулятора, контакты микровыключателя 2В, контакт 1 разъема терморегулятора, провод 2285, зажим Х1/18, провод 2286, контакты 18—21 ШР, провод 2287, зажим 15/1, провод 2288, контакты 27—11 ШР, диод Д9, контакты 27—12 ШР, провод 2322, зажим 16/10, провод 2331, контакты 18—10 ШР, провод 2334, зажим Х1/8, провод 2335, катушка контактора К2, провода 2376, 2378, зажим Х2/20. Схема включения электродвигателя 2МВ представлена на рис. 145, в.

Цепь питания катушки вентиля ВП2: зажим Х1/8, провод 2277, катушка вентиля ВП2, провода 2382, 2381, зажим Х2/20.

Цепь питания катушки вентиля ВП6, управляющего приводом левых боковых жалюзи: зажим Х1/15, провод 2234, контакт 2 разъема терморегулятора, контакты микровыключателя ОМ, контакт 1 разъема терморегулятора, провод 2339, зажим Х1/14, провод 2350, контакты 18—29 ШР, провод 2343, зажим 15/2, провод 2327, контакты 27—14 ШР, диод Д13, контакты 27—15 ШР, провод 2316, зажим 16/1, провод 2303, контакты 18—17 ШР, провод 2268, зажим Х2/13, провод 2290, катушка вентиля ВП6, провод 2383, зажимы Х2/19, Х2/20.

Цепь питания катушки контактора К4, управляющего включением мотор-вентилятора МВ4: контакты микровыключателя 1М, контакт 1 разъема терморегулятора, провод 2291, зажим Х1/19, провод 2292, контакты 18—22 ШР, провод 2293, зажим 12/8, провод 2294, контакты 27—16 ШР, диод Д15, контакты 27—17 ШР, провод 2355, зажим 16/14, провод 2359, контакты 18—12 ШР, провод 2362, зажим Х1/12, провод 2365, катушка контактора К4, провода 2372, 2374, зажимы Х2/19, Х2/20. Схема включения электродвигателя МВ4 представлена на рис. 145, в.

Цепь питания катушки вентиля ВП4, управляющего приводом жалюзи МВ4: зажим Х1/12, провод 2289, катушка вентиля ВП4, провода 2385, 2383, зажимы Х2/19, Х2/20.

Цепь питания катушки контактора К3, управляющего включением мотор-вентилятора МВ3: контакты микровыключателя 2М, контакт 1 разъема терморегулятора, провод 2295, зажим Х1/20, провод 2297, контакты 18—24 ШР, провод 2298, зажим 16/2, провод 2296, контакты 27—19 ШР, диод Д19, контакты 27—20 ШР, провод 2341, зажим 16/12, провод 2344, контакты 18—10 ШР, провод 2346, зажим Х1/10, провод 2351, катушка контактора К3, провод 2374, зажимы Х2/19, Х2/20.

Схема включения электродвигателя МВ3 представлена на рис. 145.

Цепь питания катушки вентиля ВП3, управляющего приводом жалюзи МВ3: зажим Х1/10, провод 2299, катушка вентиля ВП3, провода 2384, 2383, зажимы Х2/19, Х2/20.

Цепь управления устройствами охлаждения воды и масла дизеля при ручном управлении. При переходе на ручное управление (см. рис. 145) необходимо тумблер ТХ поставить в положение «Ручное», при этом потеряют питание микровыключатели и регулирование температуры воды и масла будет производиться включением на пульте управления тумблеров Т1 и Т2 (по воде) и Т3, Т4 (по маслу).

Цепь катушки вентиля ВП5: контакты тумблера ТХ, контакты тумблера Т1, контакты 3—4 ШР, провод 2248, зажим 6/9, провод 2249, контакты 6—8 ШР, провод 2251, зажим 20/3, провод 2253, контакты 27—9 ШР, диод Д5, диод Д4, контакты 27—7 ШР, провод 2349, зажим 16/16, провод 2364, контакты 18—14 ШР, провод 2369, зажим Х2/1, провод 2275, катушка вентиля ВП5, провод 2381, зажим Х2/20, провод 2360, контакты 18—25 ШР, провод 2370, зажим 22/16, провод 2330, контакты 2М—17 ШР.

Цепь катушки контактора К1: диод Д5, контакты 27—10 ШР, провод 2262, зажим 16/8, провод 2263, контакты 18—8 ШР, провод 2265, зажим Х1/6, провод 2271, катушка контактора К1, провод 2378, зажим Х2/20 и далее аналогично цепи ВП5.

Цепь катушки контактора К2: контакты тумблера Т1, контакты тумблера Т2, контакты 3—6 ШР, провод 2304, зажим 6/8, провод 2307, контакты 6—9 ШР, провод 2310, зажим 20/2, провод 2315, контакты 27—13 ШР, диод Д10, контакты 27—12 ШР, провод 2322, зажим 16/10, провод 2331, контакты 18—10 ШР, провод 2334, зажим Х1/8, провод 2335, катушка контактора К2, провода 2376, 2378, зажим Х2/20.

Цепь катушки вентиля ВП6: контакты тумблера Т4, контакты 3—8 ШР, провод 2306, зажим 6/6, провод 2309, контакты 6—11 ШР, провод 2312, зажим 20/18, провод 2318, контакты 27—18 ШР, диод Д16, диод Д14, контакты 27—15 ШР, провод 2316, зажим 16/1, провод 2303, контакты 18—17 ШР, провод 2268, зажим Х2/13, провод 2290, катушка вентиля ВП6, провод 2383, зажим Х2/19.

Цепь катушки контактора К4: диод Д16, контакты 27—17 ШР, провод 2355, зажим 16/14, провод 2359, контакты 18—12 ШР, провод 2362, зажим Х1/12, провод 2365, катушка контактора К4, провода 2372, 2374, зажим Х2/19.

Цепь катушки контактора К3: контакты тумблера Т4, контакты тумблера Т3, контакты 3—7 ШР, провод 2305, зажим 6/7, провод 2308, контакты 6—10 ШР, провод 2311, зажим 20/4, провод 2317, контакты 27—11 ШР, диод Д20, контакты 27—20 ШР, провод 2341, зажим 16/12, провод 2344, контакты 18—10 ШР, провод 2346, зажим Х1/10, провод 2351, катушка контактора К3, провод 2374, зажим Х2/19.

Цепи катушек вентиля ВП1, ВП2, ВП3, ВП4 при ручном и автоматическом управлении одинаковы.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы охлаждения воды и масла дизеля.
2. Показать на схеме цепи управления устройствами охлаждения при автоматическом и ручном режимах.

8.9. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

Цепи подачи песка. Для предотвращения боксования колесных пар на тепловозе предусмотрена подача песка под первую и четвертую колесные пары при движении вперед и под третью и шестую при движении назад. Для подачи песка необходимо нажать педаль песочницы ПН, при этом создается цепь:

Цепь катушки вентиля 1КП1 (см. рис. 140): провод 1696, 1653, контакты 22—1 ШР, провод 1860, педаль песочницы ПН, провод 1839, контакты 22—2 ШР, провод 1654, зажим 4/6, провод 1655, контакты 5—8 ШР, провод 1656, зажим 19/17, провод 1657, контакты 16—24 ШР, провод 1652, вспомогательные контакты реверсора В, замкнутые при движении «Вперед», провод 1579, контакты 16—45, провод 1574, зажим 12/1, провод 1572, контакты 6—44 ШР, провод 1565, зажим 4/10, провод 1558, контакты 7—3 ШР, замкнутые контакты кнопки КПП, контакты 7—4 ШР, провод 1792, зажим 4/11, провод 1793, контакты 5—11 ШР, провод 1794, катушка вентиля 1КП1, провод 1673, зажим 22/15, провод 1662, контакты 2М—15 ШР.

Цепь катушки вентиля 2КП2: зажим 12/1, провод 1663, контакты 21—25 ШР, провод 1664, зажим Х3/11, провод 1651, катушка вентиля 2КП2, провод 1669, зажим Х2/15, провод 1661, контакты 18—44 ШР, провод 1660, зажим 22/15.

Цепь катушки вентиля 1КП2: зажим 19/17, провод 1657, контакты 16—24 ШР, провод 1652, 1659, вспомогательные контакты реверсора Н, замкнутые при движении «Назад», провод 1677, контакты 16—26 ШР, провод 1678, зажим 12/17, провод 1676, катушка вентиля 1КП2, провод 1672, 1673, зажим 22/15.

Цепь катушки вентиля 2КП1: зажим 12/17, провод 1679, контакты 21—26 ШР, провод 1680, зажим Х3/17, провод 1665, катушка вентиля 2КП1, провод 1682, 1669, зажим Х2/5, провод 1661, контакты 18—44 ШР, провод 1660, зажим 22/15.

Цепь ввода тепловоза в депо. Для ввода тепловоза в депо от внешнего источника питания предусмотрен разъем РВД, подключенный к первому и второму тяговым электродвигателям. При вводе тепловоза в депо дизель должен быть остановлен, а реверсор поставлен в заданное направленное движение.

Цепь тяговых двигателей при вводе тепловоза в депо (см. рис. 141): контакт разъема РВД, кабели 550, 551, якорь первого тягового электродвигателя, кабель 581, замкнутые главные контакты реверсора, обмотка возбуждения первого тягового электродвигателя, главные контакты реверсора, кабель 541, 547, главные кон-

такты реверсора, обмотка возбуждения второго тягового электродвигателя, главные контакты реверсора, кабель 582, якорь второго тягового электродвигателя, кабель 552, контакт разъема РВД.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы подачи песка.
2. Показать на схеме цепи управления подачей песка.

8.10. ЦЕПИ ЗАЩИТЫ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Экстренная остановка поезда и дизеля. При аварийных ситуациях для остановки дизеля и поезда при движении необходимо кратковременно нажать кнопку КА «Аварийный стоп», чем создается цепь на катушку реле РУЗ. Реле РУЗ срабатывает и его контакты создадут цепь:

- 1) на катушку реле РУЗ, минуя контакты кнопки КА;
- 2) на катушку электропневматического вентиля ВА предельного выключателя дизеля, который отключит топливные насосы дизеля, дизель остановится;
- 3) на соответствующие направлению движения в электропневматических вентилях песочницы.

Кроме того, контакты реле РУЗ разорвут цепь:

- 1) катушки ЭПК локомотивной сигнализации, что вызовет экстренную остановку поезда;
- 2) катушки контактора КТН, что вызовет остановку электродвигателя топливоподкачивающего насоса.

Цепь катушки реле РУЗ (см. рис. 140): провод 1696, 1688, зажим 3/7,8, провод 827, кнопка КА, провод 1690, зажим 4/12, провод 1691, контакты 5—20 ШР, провод 1692, зажим 18/19, провод 1635, контакты 25—3 ШР, катушка реле РУЗ, контакты 26—41 ШР, провод 2442, зажим 22/19, провод 1092×2, контакты 2М—18, 19. Вторая цепь: зажим 3/7,8, провод 1624, контакты 6—45 ШР, провод 1629, зажим 21/4, провод 1666, контакты 25—5 ШР, замыкающие контакты реле РУЗ и далее цепь совпадает с ранее описанной.

Цепь катушки электропневматического вентиля ВА: зажим 18/19, провод 1635, контакты 25—3 ШР, замыкающие контакты реле РУЗ, контакты 25—32 ШР, провод 1576, зажим 14/5, провод 1577, контакты 17—1 ШР, провод 1401, зажим Д/20, провод 1509, зажим Д/10, катушка ВА, зажим Д/7, провод 1203, контакты 17—15 ШР, провод 1204, зажим 22/1, провод 1205, контакты 2М—1 ШР.

Цепь катушек электропневматических вентилях песочниц: зажим 21/4, провод 1666, контакты 25—5 ШР, замыкающие контакты реле РУЗ, размыкающие контакты реле РУ14, контакты 25—4 ШР, провод 1630, зажим 19/17, далее смотри цепь вентилей песочниц.

Контроль недопустимого нагрева воды и масла. При достижении температуры масла на входе в дизель свыше 85 °С размыкаются контакты реле ТРМ и разрывают цепь катушки реле РУ22.

Реле *РУ22* отключается и своими контактами разрывает цепь катушки реле *РВ3*, реле *РВ3* отключается, и его контакты разрывают цепь катушки контакторов *КВ* и *ВВ*. В результате происходит сброс нагрузки. При достижении температуры воды 96°C на выходе дизеля (нормальный режим, тумблер *ТВ1* выключен) размыкаются контакты реле *ТРВ1* и разрывают цепь катушки реле *РУ22*. Реле *РУ22* отключается, а это приводит к сбросу (см. выше) нагрузки.

Когда используется высокотемпературный режим охлаждения (температура окружающего воздуха свыше 40°C), тумблер *ТВ1* включают, шунтируя контакты *ТРВ1*, и тогда при температуре воды на выходе 105°C отключаются контакты реле *ТРВ2*, разрывая цепь катушки *РУ22*. Реле *РУ22* отключается, и происходит сброс нагрузки.

Защита электрооборудования. Защиту выпрямительной установки *ВУ* от токов внешнего короткого замыкания или перегрузки в режиме тяги осуществляют с помощью реле *РМ1*. Когда ток перегрузки или короткого замыкания становится достаточным для срабатывания *РМ1*, оно срабатывает, его контакты замыкаются в цепи катушки реле *РУ2*. Реле *РУ2* срабатывает, и его контакты разрывают цепь катушки реле *РВ3*, происходит сброс нагрузки.

Защита выпрямительной установки *ВУ* от внутренних коротких замыканий (пробой вентиля) осуществляется с помощью реле *РМ2*, включенного между нулевыми точками «звезд» статора. Включившись, реле *РМ2* фиксируется во включенном состоянии механической защелкой, а его размыкающие контакты отключают контакторы *КВ* и *ВВ*, после чего происходит сброс нагрузки.

Защита тяговых двигателей от перегрузки при выходе из строя одного из них. При выходе из строя одного из тяговых двигателей отключается соответствующий тумблер *ОМ1—ОМ6*, при этом разрывается цепь соответствующего поездного контактора, шунтируется вспомогательный контакт этого поездного контактора в цепи катушки реле *РУ5* и шунтируется потенциометр *СИД* индуктивного датчика объединенного регулятора, что приводит к снижению мощности тягового генератора.

Защита и сигнализация при пробое изоляции силовой цепи осуществляется с помощью реле заземления *РЗ*. Катушка реле *РЗ* включена через резистор *СРЗ* между «минусом» выпрямительной установки и корпусом тепловоза. Если разность потенциалов между точкой пробоя изоляции и «минусом» силовой цепи достаточно велика, то ток, проходящий из точки замыкания через катушку *РЗ* на «минус» выпрямительной установки (не менее 10 А), вызывает срабатывание реле *РЗ*. После включения реле фиксируется во включенном состоянии механической защелкой, размыкающие контакты реле *РЗ* разрывают цепь катушек контакторов *КВ* и *ВВ*, происходит сброс нагрузки.

Защита обслуживающего персонала от высокого напряжения. С этой целью в цепь катушек контакторов *КВ* и *ВВ* введены кон-

такты блокировок дверей аппаратной камеры и шкафов выпрямительных установок. При открытии дверей аппаратной камеры или шкафов *ВУ* разрывается цепь катушек *КВ* и *ВВ*, происходит сброс нагрузки.

Защита выпрямительной установки и тяговых электродвигателей при выходе из строя электродвигателей вентиляторов охлаждения. При отказе электродвигателей вентиляторов охлаждения выпрямительной установки и тяговых электродвигателей передней или задней тележки отключаются выключатели *АВУ*, *1АТ* или *2АТ*, которые замыкающими вспомогательными контактами *АВУ* (провода 1475, 1476), *1АТ* или *ГАТ* (провода 1476, 1491) разрывают цепи катушек контакторов *КВ*, *ВВ* и реле *РВ3*, после чего происходит сброс нагрузки.

Недостаточное давление масла в системе дизеля. При работающем дизель-генераторе давление масла на входе в лоток дизеля должно быть не менее 0,04—0,06 МПа. Если оно меньше, то контакты реле *РДМУ* (провода 1166, 1167, см. рис. 139) размыкаются, питание катушек реле *РУ9* и *РУ10*, а следовательно, и катушки магнита *МР6* прекращается, и дизель останавливается.

Недостаточное давление воздуха тормозной магистрали (меньше 0,27—0,32 МПа) приводит к тому, что контакты реле давления воздуха *РДВ* (провода 1483, 1493) разрывают цепь катушки реле *РУ22*, оно отключается и размыкающими контактами размыкает цепь катушек контакторов *ВВ*, *КВ* и реле *РВ3*. В результате производится сброс нагрузки и перевод дизель-генераторной установки в режим холостого хода.

Контрольные вопросы

1. Показать на схеме цепь ввода тепловоза в депо.
2. Рассказать о защите оборудования при недопустимом нагреве воды и масла.
3. Рассказать о защите силовой цепи от перегрузок, пробоя изоляции и от токов короткого замыкания.

9.1. ПУСК ДИЗЕЛЯ

Для пуска дизеля необходимо включить рубильник аккумуляторной батареи РБ, штурвал контроллера машиниста КМ установить в нулевое положение, реверсивную рукоятку контроллера — в рабочее положение «Вперед» или «Назад», включить автоматический выключатель АВЗ «Управление общее», а также выключатели АВ1 и АВ2 в цепях электродвигателей топливоподкачивающего и маслопрокачивающего насосов, а также тумблер В27 «Пуск-остановка дизеля».

В результате этих операций управления включится реле РУ12 (рис. 146), которое подготовит цепь пуска. Затем включится контактор КТН, который своими главными контактами включит электродвигатель топливоподкачивающего насоса, а вспомогательными контактами — реле РВ2. Последнее своими контактами создаст цепь включения реле РВ3, которое, в свою очередь, создаст цепь включения контактора КМН. Главные контакты контактора КМН замкнут цепь электродвигателя маслопрокачивающего насоса, а вспомогательные контакты, разомкнувшись, введут в цепь реле РВ3 добавочное сопротивление, что предотвратит перегрев катушки реле РВ3.

Через 30 с после срабатывания реле РВ3 замкнутся его контакты с выдержкой времени и создадут цепь на катушку реле РУ5. Сработав, реле РУ5 замкнет цепь катушек пусковых контакторов Д1, Д2.

Контакты Д1 и Д2 главными контактами подключат тяговый генератор к зажимам аккумуляторной батареи, и тяговый генератор, работая в режиме электродвигателя, начнет разворачивать коленчатый вал дизеля.

Одновременно вспомогательные контакты контактора Д1 включают электромагнит регулятора частоты вращения вала дизеля БМ. Электромагнит БМ срабатывает и закрывает перепускной клапан серводвигателя регулятора частоты вращения дизеля.

В процессе пуска дизеля при достижении давления масла 0,16—0,17 МПа контакты реле давления масла РДМ замыкаются и включают реле управления РУ4, после чего через собственные замыкающие контакты реле создается вторая цепь на катушку реле РУ4.

При включении реле РУ4 его размыкающие контакты разрывают цепь катушки реле времени РВ2 и контактора КМН. Контактор КМН отключается, и его главные контакты разрывают цепь электродвигателя маслопрокачивающего насоса, контакты реле РВ2 размыкаются по истечении 5 с и отключают реле РУ5,

РВ3. После этого замыкающие контакты реле РУ5 отключают пусковые контакторы Д1 и Д2 и реле РВ5. Задержка отключения контакторов Д1 и Д2 на 5 с после включения реле давления масла РДМ предусмотрена для повышения устойчивости запуска.

Пусковые контакторы Д1, Д2, отключившись, главными контактами отключают тяговый генератор от аккумуляторной батареи. Если по какой-либо причине в процессе запуска дизеля не происходит срабатывание реле давления масла РДМ, то по истечении 10 с после включения пусковых контакторов Д1 и Д2 замыкаются контакты реле времени РВ5 и включают реле РУ4, которое, срабатывая, как указано выше, разбирает схему запуска дизеля.

Цепь катушки реле РУ12 (см. рис. 146): рубильник аккумуляторной батареи РБ, провод 72, предохранитель на 80 А, провод 73, шунт амперметра ША1, провод 74, резистор СЗБ, провод 3×119, контакт 16 разъема Р5, зажимы 15/1, 15/2, 15/3, провода 518, 121, автоматический выключатель АВЗ «Управление общее», провод 642, зажим 14/6, провод 139, контакты А6 контроллера машиниста, замкнутые на нулевой позиции, провод 1021, контакты реверсивного механизма контроллера машиниста, провод 804, зажимы 11/7, 11/8, провода 246, 244, контакты 7—8, 5—6 выключателя В27 «Пуск-остановка дизеля», провод 705, зажим 11/2, провод 894, контакты 1 разъема ШР2, провод 01, контакты кнопки 2К0 «Стоп дизеля», провод 02, контакты 2 разъема ШР2, провода 895, зажим 11/1, провод 896, контакты 2 разъема ШР1, провод 02, контакты кнопки 1К0 «Стоп дизеля», провод 01, контакты 1 разъема ШР1, провод 897, контакты 21 разъема Р6, провод 851, зажим 8/9, провод 691, контакты пакетного выключателя ПЧТ, провод 692, катушка реле РУ12, провода 704, 402, минусовые зажимы 4/6.

Цепь катушки контактора КТН: контакты 1—2, 3—4 выключателя В27 «Пуск-остановка дизеля», провод 337, контакты 20 разъема Р6, провод 561, замыкающие контакты реле РУ12, провода 575, 577, 583, катушка контактора КТН, провод 127, зажим 4/6.

Цепь электродвигателя топливоподкачивающего насоса: выключатель АВ1 «Топливный насос», провод 122, контакты 17 разъема Р5, провод 135, главные контакты контактора КТН, провод 154, зажим 2/1, провод 519, контакты 25 разъема Р1, провод 527, обмотка электродвигателя ТН, провод 562, контакты 30 разъема Р1, провод 273, минусовый зажим 4/1.

Цепь катушки реле РВ2: зажим 11/8, провода 246, 244, 630, 811, контакты 5—6, 7—8 выключателя В28 «Топливный насос», провод 287, контакты 6 разъема Р6, провод 148, замыкающие вспомогательные контакты контактора КТН, провода 150, 885, 453, размыкающие контакты реле РУ4, провод 248, размыкающие вспомогательные контакты контактора Ш4, провод 214, катушка реле РВ2 и далее на «минус» аккумуляторной батареи.

Цепь катушки реле РВ3: провод 150, размыкающие контакты реле РУ17, провод 883, замыкающие контакты реле РВ2, провод 884, размыкающие вспомогательные контакты контактора КМН, провод 451, размыкающие контакты реле РУ4, провод 882, резистор

Вторая цепь катушки БМ: провод 577, замыкающие контакты реле РУ4, провод 560, зажим 5/9, провод 125, зажим № 9, провод 889, контакты РДМ, провод 126, зажим № 9, провод 128, катушка БМ и далее смотри первую цепь.

Первая цепь катушки реле РУ4: зажим 7/6, провод 145, зажим № 9, провод 126, замыкающие контакты РДМ, провод 889, зажим № 9, провод 125, зажим 5/9, провода 560, 580, катушка реле РУ4 и далее на «минус» АБ.

Вторая цепь катушки реле РУ4: провода 577, 582, замыкающие контакты реле РВ5, провод 469, катушка реле РУ4 и далее смотри первую цепь.

Третья цепь катушки реле РУ4: провод 577, размыкающие контакты реле РУ4, провод 580, катушка реле РУ4 и далее смотри первую цепь.

Проворот коленчатого вала дизеля без пуска. Для проворота коленчатого вала дизеля без пуска предусмотрена кнопка КП «Проворот вала дизеля», которая при включении создает цепь на катушки контакторов Д1 и Д2: зажим 11/8, провод 246, кнопка КП «Проворот вала дизеля», провод 247, контакты 11 разъема Р6, провод 250, размыкающие вспомогательные контакты контактора КТН, провод 252, размыкающие вспомогательные контакты контактора КВ, провод 251, катушки Д1, Д2, провод 466, минусовый зажим 4/6.

Включение топливоподкачивающего насоса без пуска дизеля. Включение топливоподкачивающего насоса без пуска дизеля осуществляется тумблером В28 «Топливный насос», который контактами 5—6 и 7—8 разрывает цепь катушек аппаратов, обеспечивающих запуск дизеля, а контактами 1—2 и 3—4 создает цепь на катушку контактора КТН: провод 811, контакты 1—2 и 3—4 тумблера В28, провод 359, контакты 24 разъема Р6, провод 581, катушка контактора КТН и далее на «минус» АБ.

Аварийное питание дизеля. При неисправности топливоподкачивающего агрегата выключателем АВ1 «Топливный насос» отключается двигатель ТН, остальные цепи управления дизелем остаются подключенными. Подача топлива осуществляется за счет разряжения в топливном коллекторе насосов высокого давления по специально предусмотренному трубопроводу. В нормальном режиме этот трубопровод перекрыт краном.

Включение маслопрокачивающего насоса. При включении тумблера В4 «Масляный насос» на катушку контактора КМН создается цепь: провод 630, контакты тумблера В4 «Масляный насос», провод 403, контакты 9 разъема Р6, провод 393, катушка контактора КМН и далее на «минус» АБ.

Защита дизеля от снижения давления масла. Катушка электромагнита БМ регулятора частоты вращения вала дизеля при работающем дизеле получает питание через контакты датчика реле давления масла. При снижении давления масла менее 0,15 МПа контакты реле размыкаются, катушка электромагнита обесточивается, прекращается подача топлива, дизель останавливается.

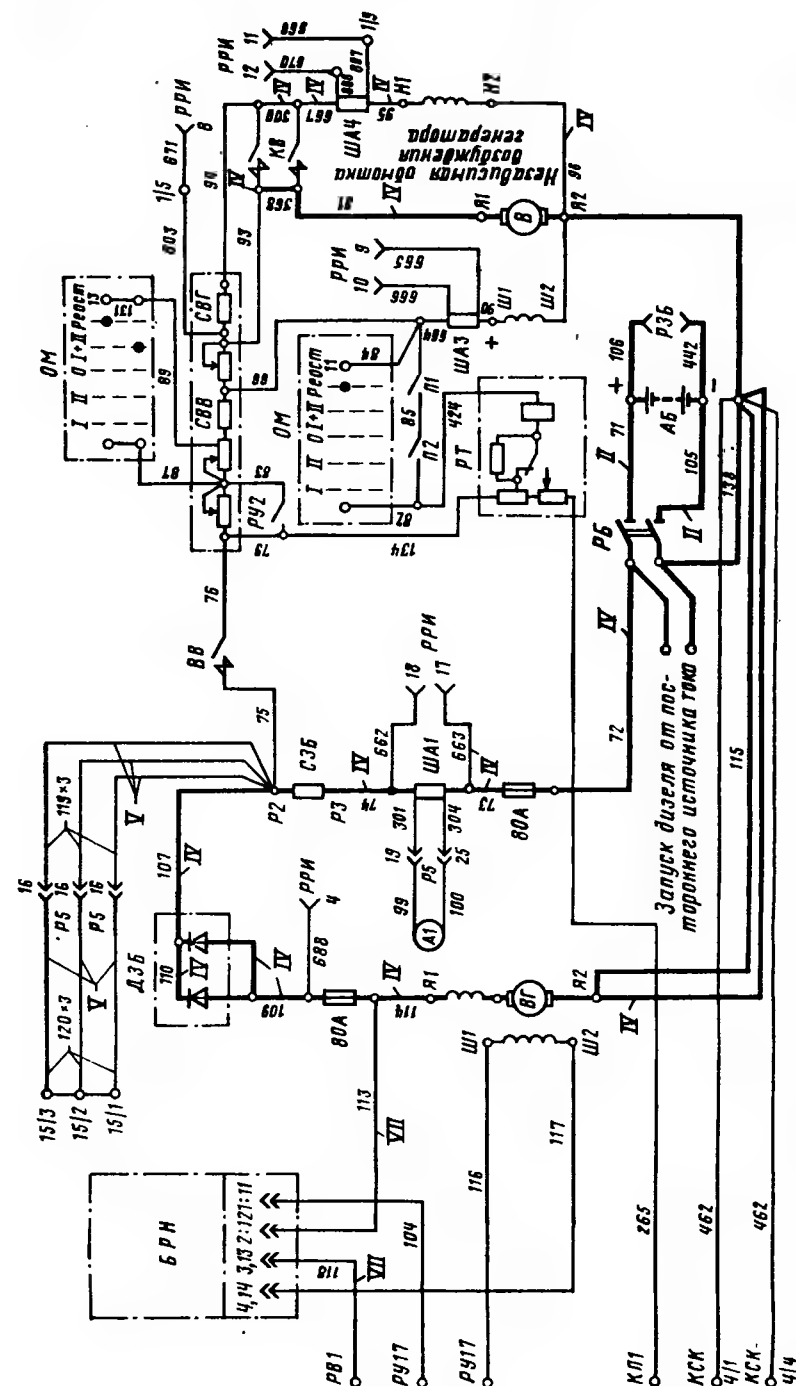


Рис. 147. Электрическая схема заряда аккумуляторной батареи, возбуждения вспомогательного генератора и возбудителя тепловоза ТЭМ2

Возбуждение вспомогательного генератора и зарядка аккумуляторной батареи. После окончания пуска дизеля, т. е. после отключения контакторов Д1 и Д2, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д2 создают цепь на катушку реле РУ17, реле срабатывает и замыкающими контактами подключает обмотку возбуждения вспомогательного генератора к аккумуляторной батарее через резистор регулятора напряжения БРН. Генератор возбуждается и на его зажимах возникает напряжение, которое поддерживается регулятором напряжения в пределах 75 ± 1 В. От вспомогательного генератора получают питание цепи управления освещения и заряжается аккумуляторная батарея (рис. 147).

Цепь питания катушки реле РУ17 (см. рис. 146): зажим 7/6, провода 133, 111, размыкающий вспомогательный контакт контактора Д2, провод 112, катушка реле РУ17, «минус» АБ.

Цепь питания обмотки возбуждения вспомогательного генератора: провод 885, замыкающие контакты реле РУ17, провод 116, обмотка Ш1—Ш2, провод 117, регулятор напряжения БРН, провод 118, «минус» АБ.

Цепь заряда аккумуляторной батареи (см. рис. 147): вывод Я1 вспомогательного генератора ВГ, провод 114, предохранитель на 80 А, провод 109, ДЗБ (диоды заряда батареи), провод 107, резистор СЗБ, провод 74, шунт амперметра ША1, провод 73, предохранитель на 80 А, провод 72, рубильник РБ, провод 71, аккумуляторная батарея АБ, провод 105, рубильник РБ, провода 138, 115, вывод Я2 вспомогательного генератора.

Контрольные вопросы

1. Перечислить подготовительные операции перед пуском дизеля.
2. Показать на схеме цепи контактора КТН и электродвигателя ТН.
3. Рассказать о последовательности срабатывания аппаратов при пуске дизеля.
4. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих пуск дизеля.
5. Рассказать, как осуществляется защита цепи пуска от аварийных режимов.

9.2. ЦЕПЬ ТРОГАНИЯ ТЕПЛОВОЗА (НАБОР 1-й ПОЗИЦИИ)

Для приведения тепловоза в движение устанавливают реверсивную рукоятку контроллера в положение «Вперед» («Назад»), включают тумблер В2 «Управление машинами» и штурвал контроллера переводят с нулевой на 1-ю позицию. Аппараты, обеспечивающие трогание тепловоза, срабатывают в такой последовательности: реверсор разворачивается в требуемое положение и силовыми контактами подключает обмотки возбуждения тяговых электродвигателей для движения в требуемом направлении; включается контактор ВВ и главными контактами подключает параллельную обмотку возбуждения возбудителя Ш1—Ш2 к вспомогательному генератору, срабатывает реле времени РВ4 и замыкаю-

щими контактами создает цепь на катушки вентилей контакторов П1, П2; контакторы П1, П2 срабатывают и подсоединяют тяговые двигатели к тяговому генератору; вспомогательные контакты контакторов П1, П2 создают цепь на катушку контактора возбуждения генератора КВ, контактор КВ срабатывает и главными контактами подключает независимую обмотку возбудителя Н1—Н2 тягового генератора Г к якорю возбудителя.

Цепь катушки вентиля реверсора «Вперед» (рис. 148): контакты А4 контроллера машиниста, провод 171, контакты 1 разъема Р4, провод 123, зажим 2/7, провода 173, 174, катушка вентиля реверсора «Вперед», провода 175, 263, размыкающие вспомогательные контакты контактора П2, провод 723, размыкающие вспомогательные контакты контактора П1, провода 722, 257, 259, минусовый зажим 4/5.

Цепь катушки вентиля реверсора «Назад» (см. рис. 148): контакты Б4 контроллера машиниста, провод 164, контакты 2 разъема Р4, провод 124, зажим 2/6, провода 166, 344, замыкающие контакты реле РУ10, провода 610, 170, катушка вентиля реверсора «Назад», провод 263 и далее смотри цепь катушки вентиля реверсора «Вперед».

Цепь катушки контактора ВВ: зажим 2/7, провод 173, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые в положении «Вперед» (при движении назад: зажим 2/6, провода 166, 344, замыкающие контакты реле РУ10, провод 610, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые в положении «Назад»), провод 141, контакты 5 разъема Р6, провод 508, зажим 12/4, провода 899, 997, 900, зажим 14/7, провод 162, тумблер В2 «Управление машинами», провод 160, контакты Б5, Б6 контроллера машиниста, замкнутые на 1—8 позициях, провод 177, зажим 11/5, провод 605, контакты 5 разъема Р4, провода 601, 191, контакты выключателя БК блокировки двери аппаратной камеры, провода 176, 181, размыкающие контакты реле РУ2, провод 178, размыкающие контакты реле РБ1, провод 146, размыкающие контакты реле РБ2, провод 179, катушка контактора ВВ, провода 188, 185, размыкающие контакты реле РЗ, провод 180, минусовый зажим 4/3.

Цепь катушки вентиля контактора П1: вспомогательные контакты реверсора, провод 197, замыкающие контакты реле РВ4, провод 193, контакты отключателя ОМ, провод 194, катушка вентиля контактора П1, провода 257, 259, минусовый зажим 4/5.

Цепь катушки вентиля контактора П2: вспомогательные контакты реверсора, провод 197, замыкающие контакты реле РВ4, провод 193, контакты отключателя ОМ, провод 196, катушка вентиля контактора П2, провод 259, минусовый зажим 4/5.

Цепь катушки контактора КВ: размыкающие контакты реле РУ2, провода 189, 563, замыкающие вспомогательные контакты контактора П1, провод 182, замыкающие вспомогательные контакты контактора П2, провод 183, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д1, провод 184, размыкающие вспомогательные

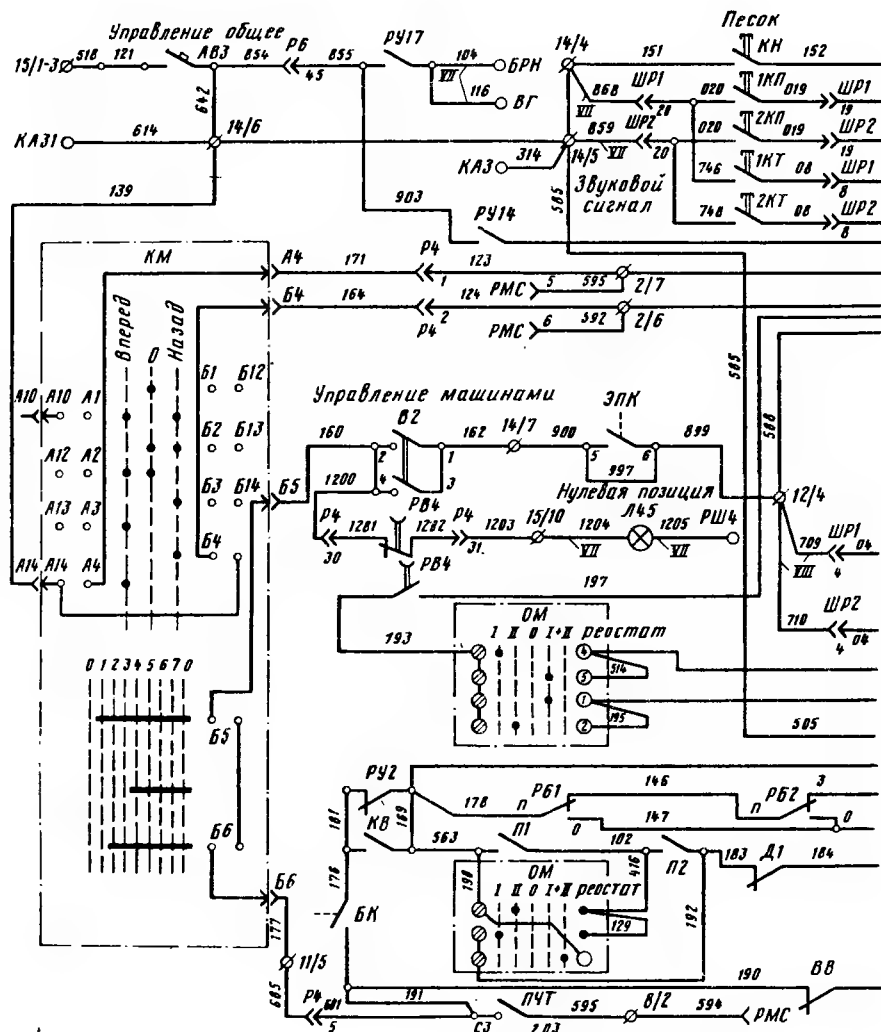
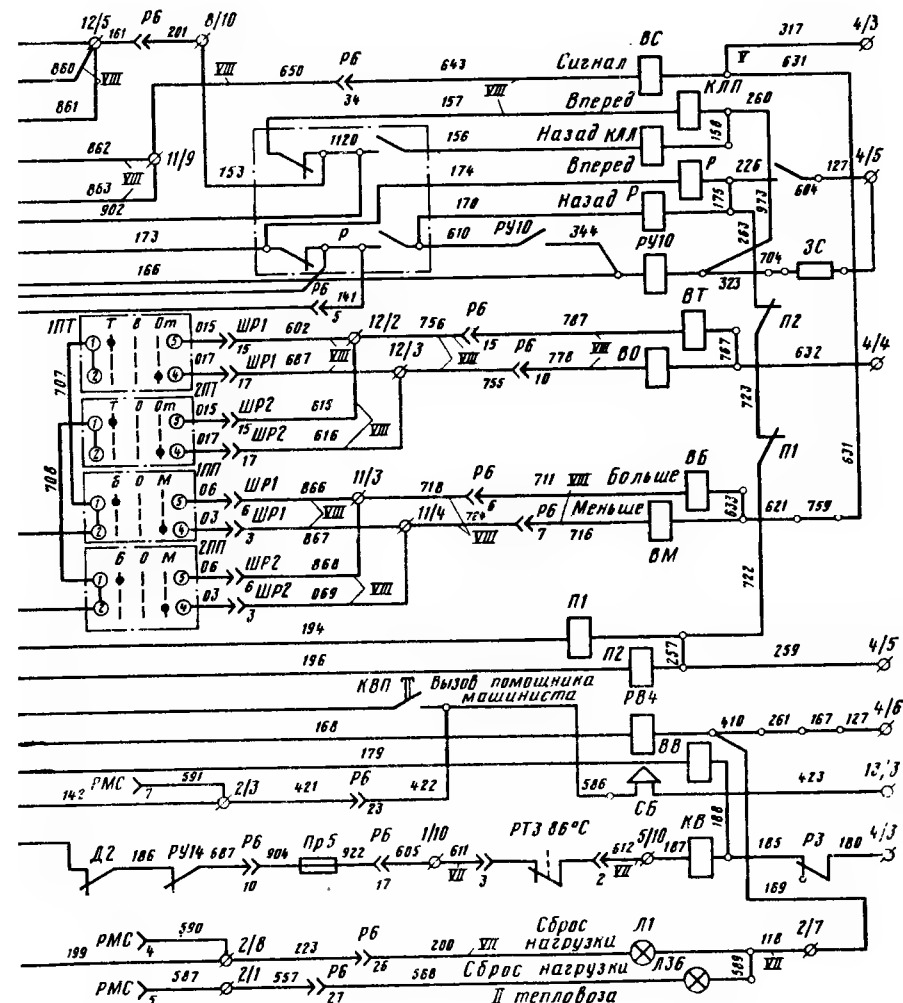


Рис. 148. Электрическая схема цепи

контакты контактора Д2, провод 186, размыкающие контакты реле РУ14, провод 687, контакты 10 разъема Р6, провод 904, предохранитель Пр5, провод 922, контакты 17 разъема Р6, провод 685, зажим 1/10, провод 611, контакты реле РТ3, провод 612, зажим 5/10, провод 187, катушка контактора КВ, провод 185, размыкающие контакты реле заземления РЗ, провод 180, минусовый зажим 1/3.

Цепь питания обмотки возбуждения Ш1—Ш2 (см. рис. 147) возбуждителя: вывод Я1 вспомогательного генератора, провод 114,



трогання тепловоза ТЭМ2

предохранитель на 80 А, провод 109, диоды зарядки батарей ДЗБ, провода 107, 75, главные замыкающие контакты контактора ВВ, провод 76, резистор СВВ, провода 86, 664, шунт амперметра ША3, провод 90, обмотка возбуждения Ш1—Ш2 возбуждителя, вывод Я2 вспомогательного генератора.

Цепь питания независимой обмотки возбуждения тягового генератора: вывод Я1 возбуждителя, провод 91, параллельно включенные замыкающие главные контакты контактора КВ, провод 667.

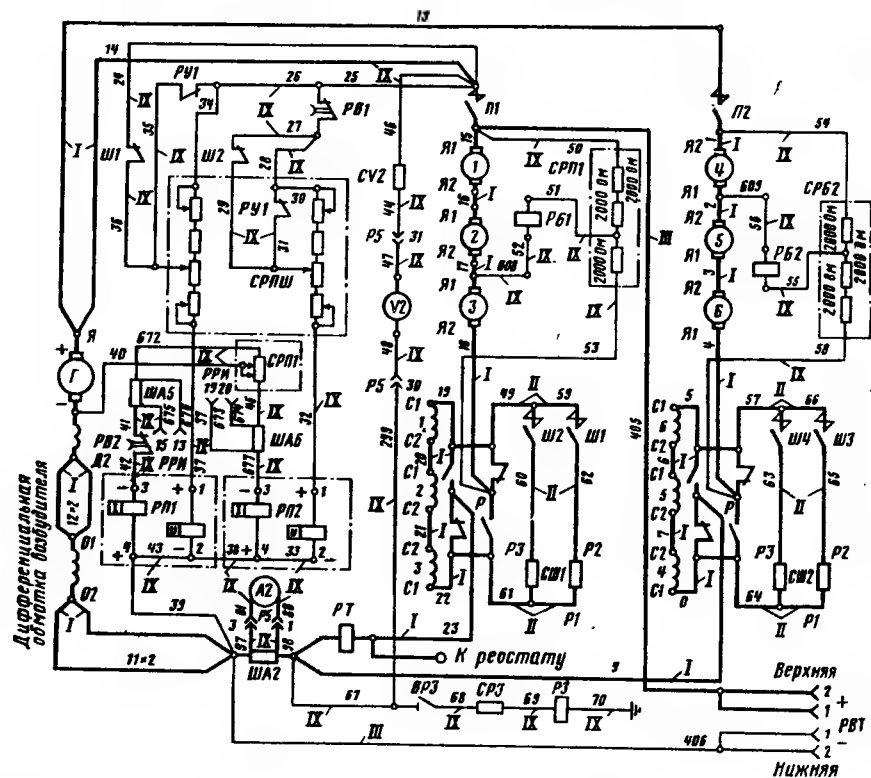


Рис. 149. Электрическая схема силовой цепи тепловоза ТЭМ2

шунт амперметра ША4, провод 95, независимая обмотка возбуждения тягового генератора Н1—Н2, провод 96, вывод Я2 возбуждения.

Цепь тяговых двигателей (рис. 149) — первая ветвь при движении «Вперед»: вывод Я тягового генератора, кабель 14, замыкающие главные контакты контактора П1, кабель 15, вывод Я1 первого тягового двигателя, якорь первого электродвигателя, кабель 16, вывод Я1 второго двигателя, якорь второго электродвигателя, кабель 17, вывод Я1 третьего двигателя, якорь третьего двигателя, вывод Я2 третьего двигателя, кабель 18, главные контакты реверсора, замкнутые в положении «Вперед», перемычка, кабель 19, вывод С1 первого двигателя, обмотка возбуждения первого двигателя, вывод С2 первого двигателя, кабель 20, вывод С1 второго двигателя, обмотка возбуждения второго двигателя, вывод С2 второго двигателя, кабель 21, вывод С2 третьего двигателя, обмотка возбуждения третьего двигателя, вывод С1 третьего двигателя, кабель 22, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Вперед», кабель 23, катушки реле РТ, кабель 98, шунт амперметра ША2, кабели 97, 11×2, вывод 02 возбудителя, дифференциальная обмотка возбуждения

возбудителя, вывод 01 возбудителя, кабель 12×2, вывод Д2 тягового генератора.

Первая ветвь при движении «Назад»: кабель 18, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Назад», перемычка, кабель 22, вывод С1 третьего двигателя, обмотка возбуждения третьего двигателя, вывод С2 третьего двигателя, кабель 21, вывод С2 второго двигателя, обмотка возбуждения второго двигателя, вывод С1 второго двигателя, кабель 20, вывод С2 первого двигателя, обмотка возбуждения первого двигателя, вывод С1 первого двигателя, кабель 19, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Назад», кабель 23 и далее смотри цепь при движении «Вперед».

Вторая ветвь при движении «Вперед»: вывод Я главного генератора, кабель 13, главные контакты контактора П2, кабель 1, вывод Я2 четвертого тягового двигателя, якорь четвертого двигателя, вывод Я1 пятого двигателя, якорь пятого двигателя, вывод Я1 пятого двигателя, кабель 3, вывод Я2 шестого двигателя, якорь шестого двигателя, кабель 4, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Вперед», перемычка, кабель 5, вывод С1 шестого двигателя, обмотка возбуждения шестого двигателя, вывод С2 шестого двигателя, кабель 6, вывод С1 пятого двигателя, обмотка возбуждения пятого двигателя, кабель 7, вывод С2 четвертого двигателя, обмотка возбуждения четвертого двигателя, вывод С1 четвертого двигателя, кабель 8, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Вперед», кабель 9, шунт амперметра ША2 и далее смотри цепь первой ветви.

Вторая ветвь при движении «Назад»: кабель 4, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Назад», перемычка, кабель 8, вывод С1 четвертого тягового электродвигателя, обмотка возбуждения четвертого тягового электродвигателя, вывод С2 четвертого тягового электродвигателя, кабель 7, вывод С2 пятого электродвигателя, обмотка возбуждения пятого тягового электродвигателя, вывод С1 пятого тягового электродвигателя, кабель 6, вывод С2 шестого тягового электродвигателя, обмотка возбуждения шестого тягового электродвигателя, вывод С1 шестого тягового электродвигателя, кабель 5, главные контакты реверсора, замкнутые при движении «Назад», кабель 9 и далее смотри цепь при движении «Вперед».

Контрольные вопросы

1. Рассказать о последовательности операций управления при трогании тепловоза.
2. Рассказать о последовательности срабатывания аппаратов при трогании тепловоза.
3. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих трогание тепловоза.
4. Показать на схеме силовую цепь тепловоза.

9.3. ЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЗА ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Ограничение тока тягового генератора. Ограничение тока тягового генератора осуществляет реле перегрузки *РТ* за счет снижения тока возбуждения тягового генератора (см. рис. 147). Реле *РТ* имеет две установленные на один сердечник катушки: токовую и вибрационную, поэтому результирующая намагничивающая сила реле будет зависеть как от значения тока каждой катушки, так и от его направления. Под действием результирующей намагничивающей силы и отключающей пружины якорь реле может занимать одно из пяти положений. При этом укрепленный на якоре подвижной контакт будет: 1) замкнут постоянно с неподвижным задним контактом; 2) периодически замыкать и размыкать цепь с задним неподвижным контактом; 3) разомкнут постоянно с задним неподвижным контактом; 4) периодически замыкать и размыкать цепь с передним неподвижным контактом; 5) постоянно замкнут с передним неподвижным контактом.

При трогании тепловоза и возрастании тока в токовой катушке *РТ* до 860 А результирующая намагничивающая сила токовой и вибрационной катушек будет меньше усилия выключающей пружины и подвижной контакт *РТ* будет постоянно замкнут с задним неподвижным контактом (первое положение).

При достижении значения тока в токовой катушке *РТ* 860—870 А результирующая намагничивающая сила токовой и вибрационной катушек станет выше усилия отключающей пружины реле, и якорь притянется к сердечнику так, что подвижной контакт отойдет от неподвижного, разорвет цепь вибрационной катушки *РТ* (см. рис. 147) и введет в цепь возбуждения возбудителя сопротивление. В результате уменьшится ток возбуждения, что приведет к уменьшению напряжения на зажимах тягового генератора, а значит, уменьшится ток нагрузки. Так как цепь вибрационной катушки разомкнута, а значение тока в токовой катушке *РТ* снизилось, то под действием выключающей пружины якорь реле займет первоначальное положение, подвижной контакт замкнется с неподвижным задним, сопротивление в цепи возбуждения возбудителя будет зашунтировано, ток возбуждения возбудителя увеличится. С увеличением тока возбуждения возбудителя увеличится напряжение на зажимах тягового генератора, что приведет к увеличению тока нагрузки. При достижении тока в токовой катушке *РТ* 860—870 А реле сработает и описанный ранее процесс ограничения тока тягового генератора повторится. Таким образом, подвижной контакт реле *РТ* будет вибрировать около заднего неподвижного контакта (второе положение), поддерживая ток нагрузки тягового генератора около 1730 А.

При достижении тока в токовой катушке *РТ* до 900—910 А результирующая намагничивающая сила достигнет такого значения, что будет удерживать якорь в положении, когда подвижной контакт будет постоянно разомкнут с неподвижным задним (тре-

тье положение). Ток нагрузки генератора при таком режиме будет 1800—1820 А.

Когда ток нагрузки достигнет 1880—1900 А, то по токовой катушке *РТ* будет протекать ток 940—950 А, результирующая намагничивающая сила реле достигнет величины, когда якорь займет положение, при котором подвижной контакт замкнется с неподвижным передним контактом. В этом случае обмотка параллельного возбуждения возбудителя (см. рис. 147) будет зашунтирована, а в вибрационной катушке *РТ* ток изменит направление. Уменьшение тока в обмотке параллельного возбуждения возбудителя приведет к снижению напряжения и тока нагрузки тягового генератора. Все это приведет к тому, что результирующая намагничивающая сила реле *РТ* уменьшается (за счет уменьшения тока в токовой катушке и изменения направления тока в вибрационной) и под действием выключающей пружины якорь займет третье положение, а подвижной контакт разорвет цепь с неподвижным передним контактом. Как только цепь между подвижным и неподвижным передним контактами будет разомкнута, ток в параллельной обмотке возбуждения возбудителя начнет возрастать, что вызовет рост напряжения и тока нагрузки тягового генератора. При достижении тока нагрузки 1880—1900 А якорь реле *РТ* займет положение, когда подвижной контакт будет замкнут с неподвижным передним контактом, т. е. процесс ограничения тока повторяется. Этот процесс может многократно повторяться, т. е. подвижной контакт будет вибрировать около переднего неподвижного контакта (четвертое положение).

При дальнейшем увеличении тока нагрузки вибрация подвижного контакта прекратится, он будет постоянно замкнут с неподвижным передним (пятое положение), т. е. он будет постоянно шунтировать обмотку параллельного возбуждения возбудителя через вибрационную катушку *РТ* и часть резисторов на панели реле *РТ*. Таким образом, реле перегрузки, периодически уменьшая возбуждение возбудителя, не допускает чрезмерное увеличение тока тягового генератора, защищая тем самым тяговый генератор и тяговые двигатели от перегрева.

Защита генератора от замыкания на корпус. В случае замыкания силовой цепи на корпус получает питание катушка реле заземления *РЗ*. Реле *РЗ* срабатывает, когда ток в цепи катушки достигает 10 А и размыкающими контактами размыкает цепь катушек контакторов возбуждения *КВ* и *ВВ*. Нагрузка с тягового генератора снимается. Реле *РЗ* имеет механическую защелку, поэтому после устранения неисправности возврат реле производится вручную.

Защита от повышенного боксования осуществляется посредством реле боксования *РБ1* и *РБ2*, подключенных по мостовой схеме. При отсутствии боксования потенциалы точек подключения катушек реле практически равны, и ток по катушкам не протекает. При боксовании повышается напряжение на якоре электродвигателя боксующей колесной пары, потенциал точки подключения

катушки реле боксования к якору электродвигателя изменяется и по катушке реле потечет ток. Реле включается и размыкающими контактами размыкает цепь питания катушки контактора возбуждения возбудителя ВВ, а замыкающими контактами включает звуковой сигнал боксования.

Отключение контактора ВВ вызывает резкое уменьшение мощности тягового генератора и силы тяги тепловоза. Боксование прекращается. Если причины боксования не устранены, то будет происходить периодическое включение и отключение реле боксования, чем предотвращается недопустимое увеличение частоты вращения якора электродвигателя боксующей колесной пары. Для устранения повторяющегося боксования штурвал контроллера переводится на меньшие позиции.

Защита от трогания тепловоза на позиции выше первой. Контакторы возбуждения КВ и ВВ могут быть включены только на первом положении штурвала контроллера, когда их катушки получают питание через замкнутые контакты реле управления РУ2. В случае включения тумблера «Управление машинами» при работающем на холостом ходу дизеле на позициях контроллера выше первой включение контакторов КВ и ВВ не произойдет, так как реле РУ2 на этих позициях включено и его контактами разомкнута цепь питания этих контакторов.

Защита от перегрева воды и масла дизеля. При достижении температуры воды дизеля 88°С размыкающими контактами термореле РТЗ отключается контактор возбуждения генератора и этим снимается нагрузка тягового генератора. При достижении температуры масла дизеля до 80°С замыкающими контактами термореле РТ6 включается сигнальная лампа «Перегрев масла», и машинист принимает меры для снижения температуры масла.

Ослабление искрения поездных контакторов. При снятии нагрузки тягового генератора поездные контакторы П1 и П2 отключаются замыкающими контактами реле времени РВ4 только после отключения контакторов возбуждения КВ и ВВ с выдержкой времени около 1,5 с. За это время магнитное поле тягового генератора в значительной степени снизится, и электрическая дуга на силовых контактах поездных контакторов при их размыкании уменьшится.

Отключение цепи с неисправным тяговым электродвигателем. При неисправности электродвигателя передней тележки при остановленном тепловозе отключатель моторов ОМ ставится во второе положение, при неисправности электродвигателя задней тележки — в первое положение. При этом отключается поездной контактор П1 или П2, а также вводится ступень сопротивления резистора СВВ между проводами 87, 89 в цепь параллельной обмотки возбуждения возбудителя и контактами вспомогательной цепи контактора П1 или П2 отключается цепь питания этой обмотки через контакты реле тока РТ, чем снижается мощность генератора. Вспомогательные контакты контактора П1 или П2 в цепи катушки контактора возбуждения КВ шунтируются контактами

отключателя ОМ. Движение на одной тележке осуществляется при токе тягового генератора до 605 А, равном допустимому для тягового двигателя.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется ограничение тока тягового генератора?
2. Как осуществляется защита тягового генератора от замыкания на корпус?
3. Как осуществляется защита тяговых электродвигателей при их боксовании?

9.4. ЦЕПИ НАБОРА ПОЗИЦИЙ

Цепь набора 2-й позиции. Увеличение скорости движения тепловоза осуществляется перемещением штурвала контроллера с 1-й позиции на последующие. На 2-й позиции увеличение мощности тягового генератора происходит в результате шунтирования ступени плавного трогания резистора СВВ в цепи параллельной обмотки возбуждения контактами реле РУ2 (см. рис. 147), при этом частота вращения вала дизеля не изменяется. Катушка реле РУ2 получает питание от контактов контроллера машиниста по следующей цепи (рис. 150): контакты Б8, провод 225, контакты 6 разъема Р4, провод 813, зажим 6/9, провод 227, катушка РУ2 и далее на «минус» ВГ.

Цепь набора 3-й и последующих позиций. При постановке штурвала контроллера машиниста на третью и последующие позиции увеличение мощности тягового генератора происходит за счет увеличения частоты вращения вала дизеля. Частота вращения вала дизеля регулируется путем включения вентиля ВТ1—ВТ4 регулятора частоты вращения контроллером машиниста в определенной последовательности. На рис. 150 дана схема цепи включения вентиля, а в табл. 38 — последовательность их включения.

Цепь катушки вентиля ВТ1: контакты А8 контроллера, провод 229, контакты 7 разъема Р4, провод 814, зажим 7/1, провод 231,

Таблица 38

Позиции контроллера	ВТ1	ВТ2	ВТ3	ВТ4
3	+	—	—	—
4	+	+	—	—
5	—	+	+	—
6	+	—	—	+
7	—	—	+	+
8	+	+	+	+

Примечание. Здесь «+» означает включенное состояние вентиля, а «—» — выключенное.

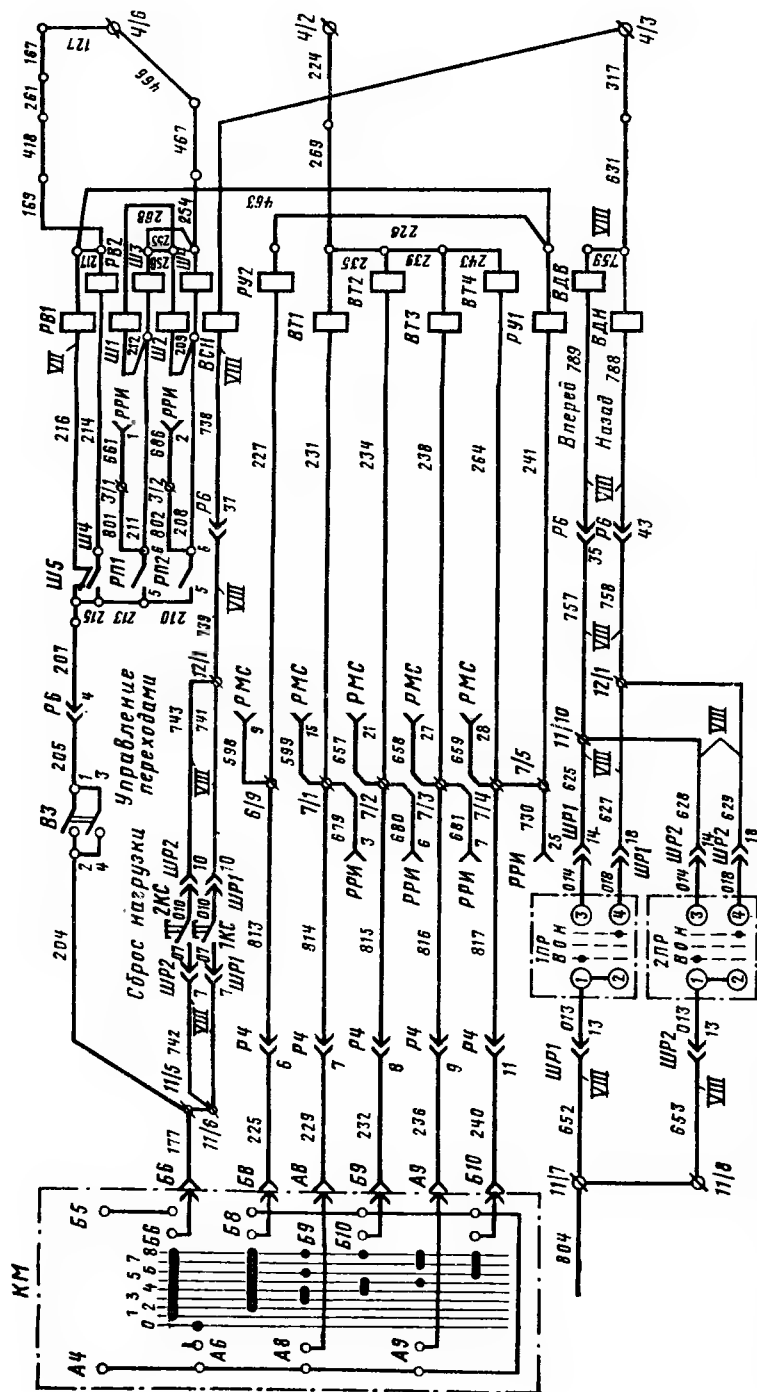


Рис. 150. Электрическая схема цепи набора позиций, контакторов Ш1 — Ш4 тепловоза ТЭМ2

катушка вентиля ВТ1, провода 269, 224, минусовый зажим 4/2.

Цепь катушки вентиля ВТ2: контакты В9 контроллера, провод 232, контакты 8 разъема Р4, провод 815, зажим 7/2, провод 234, катушка вентиля ВТ2, провода 235, 269, 224, минусовый зажим 4/2.

Цепь катушки вентиля ВТ3: контакты А9 контроллера, провод 236, контакты 9 разъема Р4, провод 816, зажим 7/3, провод 238, катушка вентиля ВТ3, провода 239, 235, 269, 224, минусовый зажим 4/2.

Цепь катушки вентиля ВТ4: контакты В10 контроллера, провод 240, контакты 11 разъема Р4, провод 817, зажим 7/4, провод 264, катушка вентиля ВТ4, провода 243, 239, 235, 269, 224, минусовый зажим 4/2.

Контрольные вопросы

1. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих переход на 2-ю позицию.
2. Показать на схеме цепи аппаратов, обеспечивающих переход на 3-ю и последующие позиции.

9.5. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ПУТЕМ ОСЛАБЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для расширения диапазона регулирования скорости при постоянной мощности генератора применяется ослабление возбуждения тяговых электродвигателей. Управление ослаблением происходит автоматически посредством реле переходов РП1 и РП2. Параллельные катушки реле РП1 и РП2 включены на напряжение тягового генератора через резисторы СРПШ, поэтому при увеличении напряжения генератора пропорционально увеличивается ток в параллельных катушках реле РП1 и РП2.

Токовые катушки реле РП1 и РП2 через резистор СРПТ включены параллельно обмотке добавочных полюсов тягового генератора и дифференциальной обмотке возбуждителя, поэтому при увеличении тока в силовой цепи пропорционально увеличивается ток и в токовых катушках реле переходов.

Последовательность работы аппаратов при регулировании скорости путем ослабления возбуждения тяговых двигателей: включить выключатель ВЗ «Управление переходами», на 1-й позиции контроллера машиниста получает питание катушка реле РВ1, реле РВ1 срабатывает и размыкающими контактами отключает параллельную катушку реле РП2, исключая возможность его срабатывания до реле РП1.

При увеличении скорости движения тепловоза происходит снижение тока нагрузки и увеличение напряжения тягового генератора, что вызывает срабатывание реле перехода РП1 под дейст-

нием параллельной катушки. Включение реле настраивается на восьмом положении контроллера при токе 860 ± 20 А (скорость движения около 19,3 км/ч).

Контактами реле *РП1* включаются контакторы ослабления возбуждения *Ш1*, *Ш3*, которые главными контактами подключают резисторы первой ступени ослабления возбуждения *СШ1* и *СШ3* параллельно обмоткам возбуждения тяговых электродвигателей. В результате этого ток в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей снижается до 48% тока якорей, а ток нагрузки генератора увеличивается вследствие снижения противо-э.д.с. тяговых электродвигателей, напряжение генератора пропорционально увеличению тока снижается. Тепловоз получает возможность дальнейшего увеличения скорости без снижения мощности силовой установки.

При включении контактора *Ш1* его размыкающими вспомогательными контактами вводится дополнительная часть резистора *СРПШ* в цепь параллельной катушки реле *РП1*. Этим ослабляется действие параллельной катушки, и реле готовится для отключения под действием токовой катушки.

Одновременно размыкающими вспомогательными контактами контактора *Ш3* размыкается цепь катушки реле времени *РВ1*, размыкающие контакты которого через 5 с создают цепь питания параллельной катушки реле перехода *РП2*, вводя его в работу.

При дальнейшем увеличении скорости и повторном снижении тока генератора до 860 ± 20 А (скорость около 35 км/ч) под действием параллельной катушки включается реле *РП2*, контакты которого создают цепь питания катушек контакторов *Ш2*, *Ш4*. Контактors *Ш2*, *Ш4* главными контактами подключают резисторы второй ступени ослабления возбуждения *СШ2*, *СШ4* параллельно обмоткам возбуждения тяговых электродвигателей. При этом ток в обмотках возбуждения понизится до 25% тока якорей. Ток тягового генератора увеличится, и тепловоз получит возможность дальнейшего увеличения скорости без снижения мощности тягового генератора.

После включения контактора *Ш2* его размыкающими вспомогательными контактами готовится реле *РП2* для возможности отключения под действием токовой катушки. Одновременно замыкающими вспомогательными контактами контактора *Ш4* включается реле *РВ2*. Контакты реле *РВ2* размыкают цепь токовой катушки *РП1*, исключая возможность отключения реле *РП1* под действием токовой катушки до отключения реле *РП2*.

При увеличении силы тяги и возрастании тока нагрузки генератора реле переходов *РП2* отключается под действием токовой катушки и пружины. Отключение реле переходов настраивается на восьмом положении контроллера при токе генератора, равном 1400 ± 20 А, который соответствует скорости движения около 22 км/ч.

Контактами реле *РП2* размыкается цепь питания катушек контакторов *Ш2* и *Ш4*, главные контакты которых отключают рези-

сторы *СШ2* и *СШ4* от обмоток возбуждения тяговых электродвигателей. Ток нагрузки генератора снижается и тепловоз получает возможность дальнейшего увеличения силы тяги.

При этом размыкающими вспомогательными контактами контактора *Ш2* шунтируется часть резистора *СРПШ* в цепи параллельной катушки реле *РП2*. Этим оно готовится для последующего включения. Одновременно замыкающими контактами контактора *Ш4* размыкается цепь питания катушки реле времени *РВ2*, которое размыкающими контактами с выдержкой времени 5 с замыкает цепь токовой катушки реле переходов *РП1*.

При дальнейшем увеличении силы тяги и достижении тока генератора 1400 ± 20 А (скорость движения около 15 км/ч) отключаются реле *РП1* и контакторы *Ш1* и *Ш3*, которые отключают резисторы *СШ1* и *СШ3* от обмоток возбуждения тяговых электродвигателей. Ток нагрузки тягового генератора снижается, и дальнейшее движение будет происходить при полном возбуждении тяговых электродвигателей.

При отключении реле *РП1* отключается контактор *Ш1* и размыкающими контактами вспомогательной цепи шунтирует часть резистора *СРПШ* в цепи параллельной катушки реле *РП1*, чем оно готовится для последующего включения. Одновременно размыкающими контактами вспомогательной цепи контактора *Ш3* включается катушка реле времени *РВ1*, размыкающие контакты которого размыкают цепь питания параллельной катушки реле *РП2*. Этим исключается возможность последующего включения реле *РП2* до включения реле *РП1*. С первого по пятое положение контроллера часть резистора *СРПШ* в цепи параллельных катушек реле переходов шунтируется размыкающими контактами реле управления *РУ1* с целью повышения тока отключения реле на этих позициях до 1200 А и предотвращения «звонкой» работы реле переходов.

Цепь параллельной катушки реле РП1 (см. рис. 149): главный контакт контактора *П1*, провод 24, размыкающие вспомогательные контакты контактора *Ш1*, провод 36, часть резистора *СРПШ*, провод 37, параллельная катушка *РП1*, провода 43, 39, 11×2 .

Цепь токовой катушки реле РП1: провод 43, токовая катушка реле *РП1*, провод 42, размыкающие контакты реле *РВ2*, провод 41, шунт амперметра *ША5*, провод 672, часть резистора *СРП1*, провод 40, «минус» тягового генератора.

Цепь параллельной катушки реле РП2 (см. рис. 149): главный контакт контактора *П1*, провод 25, размыкающие контакты реле *РВ1*, провод 27, размыкающие вспомогательные контакты контактора *Ш2*, провод 29, часть резистора *СРПШ*, провод 32, параллельная катушка реле *РП2*, провода 33, 38, 43.

Цепь токовой катушки реле РП2: провод 38, токовая катушка реле *РП2*, провод 677, шунт *ША6*, провод 45, часть резистора *СРП1*, провод 40, «минус» тягового генератора.

Цепь катушки реле РВ1 (см. рис. 150): зажим 11/5, провод 204, выключатель *В3* «Управление переходами», провод 205, контак-

ты 4 разъема Р6, провод 207, размыкающие вспомогательные контакты контактора ШЗ, провод 216, катушка реле РВ1, «минус» ВГ.

Цепь катушки реле РВ2: провода 207, 215, замыкающие вспомогательные контакты контактора Ш4, провод 214, катушка реле РВ2, провод 217, «минус» ВГ.

Цепь катушки контактора Ш1: провода 215, 213, замыкающие контакты реле РП1, провода 211, 212, катушка контактора Ш1, провода 268, 255, 254, 467, 466, минусовый зажим 4/6.

Цепь катушки контактора Ш3: провод 211, катушка контактора Ш3, провода 255, 254, 467, 466, минусовый зажим 4/6.

Цепь катушки контактора Ш2: провода 213, 210, замыкающие контакты реле РП2, провода 208, 209, катушка контактора Ш2, провода 256, 255, 254, 467, 466, минусовый зажим 4/6.

Цепь катушки контактора Ш4: провод 208, катушка контактора Ш4, провода 254, 467, 466, минусовый зажим 4/6.

Цепь ослабления возбуждения 1—3 тяговых электродвигателей первой ступени (см. рис. 149): переключатель реверсора, кабели 49, 59, главные контакты контактора Ш1, кабель 62, резистор СШ1, кабель 61, переключатель реверсора.

Цепь ослабления возбуждения 4—6 тяговых электродвигателей первой ступени: переключатель реверсора, кабели 57, 66, главные контакты контактора Ш3, кабель 65, резистор СШ2, кабель 64, переключатель реверсора.

Цепь ослабления возбуждения 1—3 тяговых электродвигателей второй ступени: переключатель реверсора, кабель 49, главные контакты контактора Ш2, кабель 60, резистор СШ1, кабель 61, переключатель реверсора.

Цепь ослабления возбуждения 4—6 тяговых электродвигателей второй ступени: переключатель реверсора, кабель 57, главные контакты контактора Ш4, кабель 63, резистор СШ2, кабель 64, переключатель реверсора.

Контрольные вопросы

1. Рассказать назначение ослабления возбуждения тяговых электродвигателей.
2. Объяснить назначение и показать на схеме цепи катушек РП1 и РП2.
3. Показать на схеме цепи контакторов Ш1 и Ш2.

9.6. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ И МАСЛА ДИЗЕЛЯ

Управление холодильной камерой осуществляется автоматически посредством датчиков реле температуры РТ1—РТ8 и реле управления РП1 и РУ19 путем периодического включения и отключения вентилятора и открытия и закрытия жалюзи (рис. 151). Подключение цепи производится включением тумблера В5 «Автоматическое управление холодильником».

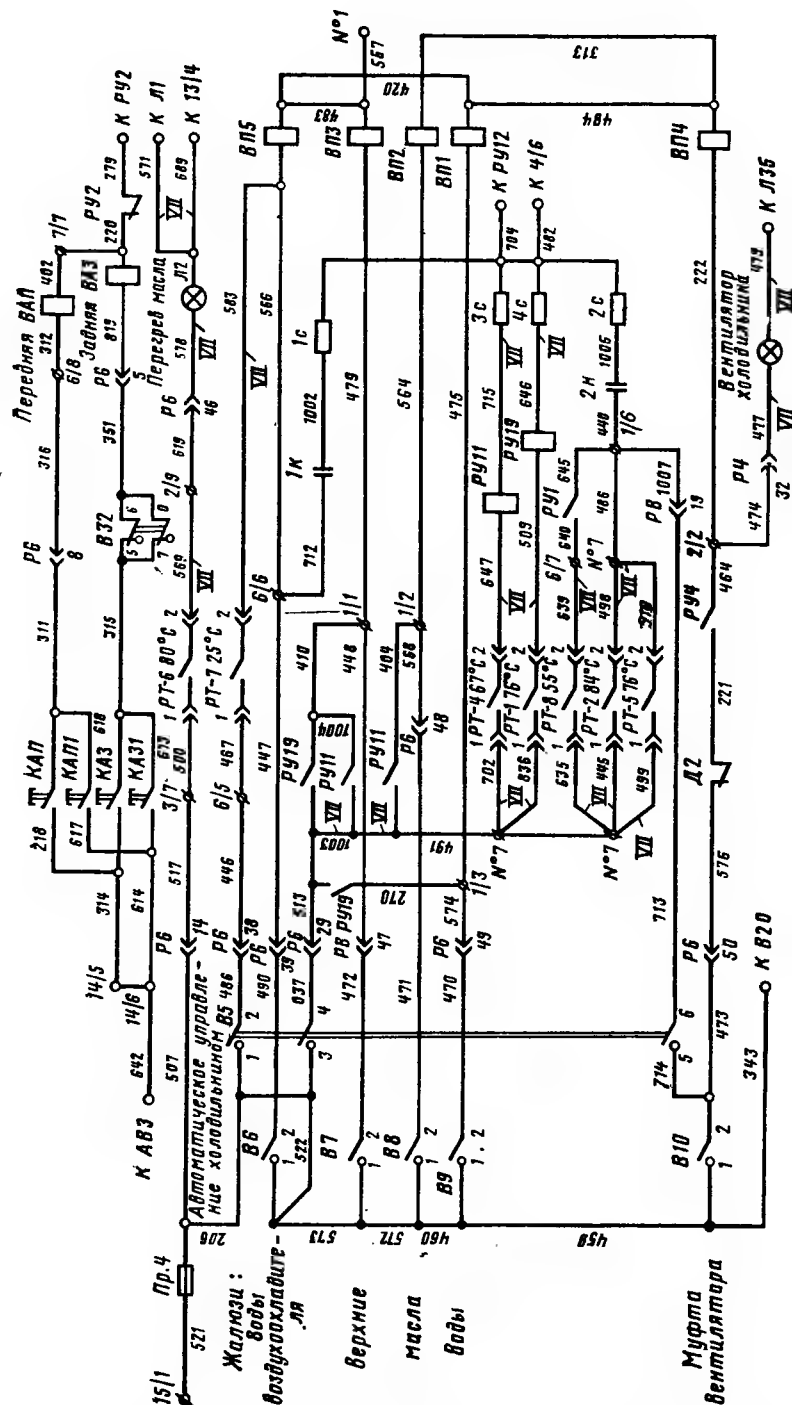


Рис. 151. Электрическая схема цепи управления охлаждением дизеля тепловоза ТЭМ2

При температуре воды дизеля 76°C замыкаются контакты термореле *РТ1* и включают катушку реле *РУ19*. Kontakтами реле *РУ19* включаются вентили *ВП1* и *ВП3*. Жалюзи воды и верхние жалюзи открываются.

При повышении температуры воды выше 84°C замыкаются контакты термореле *РТ2*. Питание поступает на катушку вентиля *ВП4* и сигнальную лампу *Л44*. Вентилятор вступает в работу, и зажигается лампа «Вентилятор холодильника». Отключение вентилятора и закрытие жалюзи происходит при снижении температуры воды на 3—6°C от установленной при включении.

Регулирование температуры масла происходит аналогично. При температуре масла 67°C замыкаются контакты термореле *РТ4* и подают питание на катушку реле *РУ11*. Kontakтами реле *РУ11* включаются вентили *ВП2* и *ВП3*. Жалюзи масла и верхние жалюзи открываются. При дальнейшем повышении температуры масла до 76°C замыкаются контакты термореле *РТ5*. Подается питание на вентиль муфты привода вентилятора *ВП4* и сигнальную лампу «Вентилятор холодильника». Вентилятор вступает в работу. Сигнальная лампа загорается. Отключение вентилятора и закрытие жалюзи происходят при снижении температуры на 3—6°C от установленной при включении.

Регулирование температуры воды охлаждения наддувочного контура осуществляется посредством термореле *РТ7*, *РТ8*. При температуре воды наддувочного контура 25°C замыкаются контакты термореле *РТ7* и подается питание на вентиль *ВП5*. Жалюзи воды наддувочного контура открываются. В случае повышения температуры воды до 55°C замыкаются контакты термореле *РТ8*. Подается питание на вентиль муфты привода вентилятора *ВП4* и на лампу *Л44*. Вентилятор включается, и загорается сигнальная лампа «Вентилятор холодильника». Отключение вентилятора и жалюзи происходит при снижении температуры на 3—6°C.

В случае неисправности термореле управление холодильной камерой производится дистанционно посредством тумблеров *В6*—*В10*. При этом тумблер *В5* «Автоматическое управление холодильником» выключается. При включении автоматического регулирования тумблером *В5* тумблеры дистанционного управления *В6*—*В10* обязательно выключаются. Ниже рассматриваются цепи аппаратов системы регулирования температуры воды и масла.

Реле *РУ11*: зажим 15/1, провод 521, предохранитель *Пр4*, провод 206, контакты 3—4 тумблера *В5* «Автоматическое управление холодильником», провод 837, контакты 29 разъема *Р6*, провода 513, 1003, 491, зажим № 7, провод 702, замыкающие контакты реле *РТ4*, провод 647, катушка реле *РУ11*, провод 715, резистор 3С, провода 704, 702, зажим 4/6.

Реле *РУ19*: провод 836, контакты термореле *РТ-1*, замыкающие при температуре воды дизеля свыше 76°C, провод 509, катушка реле *РУ19*, резистор 4С, провод 402, зажим 4/6.

Вентиль *ВП1*: провод 513, замыкающие контакты реле *РУ19*, провод 270, зажим 1/3, провод 475, катушка вентиля *ВП1*, провода 420, 483, 567, зажим № 11.

Вентиль *ВП3*: 1) провод 513, замыкающие контакты реле *РУ19*, провод 410, зажим 1/1, провод 479, катушка вентиля *ВП3*, провод 567, зажим № 11; 2) провод 1003, замыкающие контакты реле *РУ11*, провода 1004, 410, зажим 1/1, провод 479, катушка вентиля *ВП3*, провод 567, зажим № 11.

Вентиль *ВП4*: 1) зажим № 7, провод 445, контакты реле *РТ-2*, замыкающие при температуре воды дизеля 84°C, зажим № 7, провод 488, зажим 1/6, провод 1007, контакты 19 разъема *Р9*, провод 713, контакты 6—5 тумблера *В5*, провода 714, 473, контакты 50 разъема *Р6*, провод 576, замыкающие вспомогательные контакты контактора *Д2*, провод 221, замыкающие контакты реле *РУ4*, провод 464, зажим 2/2, провод 222, катушка вентиля *ВП4*, провода 484, 420, 483, 567, зажим № 11; 2) зажим № 7, провод 499, контакты реле *РТ-5*, замыкающие при температуре масла дизеля 76°C, провод 510, зажим № 7, провод 488, зажим 1/6 и далее смотри цепь 1; 3) зажим № 7, провод 635, контакты реле *РТ-8*, замыкающие при температуре воды охлаждения наддувочного воздуха 55°C, провод 639, зажим 6/7, провод 640, замыкающие контакты реле *РУ1*, провод 645, зажим 1/6 и далее смотри цепь 1.

Вентиль *ВП2*: провод 1003, замыкающие контакты реле *РУ11*, провод 404, зажим 1/2, провод 564, катушки вентиля *ВП2*, провода 313, 484, 420, 483, 567, зажим № 11.

Вентиль *ВП5*: контакты 1—2 тумблера *В5*, провод 486, контакты 38 разъема *Р6*, провод 446, зажим 6/5, провод 487, контакты реле *РТ-7*, замыкающие при температуре воды наддувочного контура 25°C, провод 503, катушка вентиля *ВП5*, провода 483, 567, зажим № 11.

Сигнальная лампа *Л2* «Перегрев масла»: предохранитель *Пр4*, провод 507, контакты 14 разъема 6, провод 517, зажим 3/7, провод 500, контакты *РТ-6*, замыкающие при температуре масла 80°C, провод 569, зажим 2/9, провод 619, контакты 46 разъема *Р6*, провод 570, лампа *Л2*, «Перегрев масла», провод 689, зажим 13/4. Ниже рассматриваются цепи аппаратов регулирования температуры воды и масла дизеля при ручном дистанционном управлении.

Вентиль *ВП5* (жалюзи воды воздухоохладителя): зажим 15/1, провод 521, предохранитель *Пр4*, провода 206, 522, контакты 1—2 тумблера *В6*, провод 490, контакты 39 разъема *Р6*, провод 447, зажим 6/6, провод 566, катушка вентиля *ВП5*, провода 483, 567, зажим № 11.

Вентиль *ВП3* (жалюзи верхние): провода 522, 573, контакты 1—2 тумблера *В7*, провод 472, контакты 47 разъема *Р6*, провод 448, зажим 1/1, провод 479, катушка вентиля *ВП3*, провод 567, зажим № 11.

Вентиль *ВП2* (жалюзи масла): провода 573, 572, контакты 1—2 тумблера *В8*, провод 471, контакты 48 разъема *Р6*, провод

568, зажим 1/2, провод 564, катушка вентиля ВП2, провода 313, 484, 420, 483, 567, зажим № 11.

Вентиль ВП1 (жалюзи воды): провода 572, 460, контакты 1—2 тумблера В9, провод 470, контакты 49 разъема Р6, провод 574, зажим 1/3, провод 475, катушка вентиля ВП1, провода 420, 483, 567, зажим № 11.

Вентиль ВП4 (муфты вентилятора): провод 460, 450, контакты 1—2 тумблера В10, провод 473, контакты 50 разъема Р6, провод 576, размыкающие вспомогательные контакты контактора Д2, провод 221, замыкающие контакты реле РУ4, провод 464, зажим 2/2, провод 222, катушка вентиля ВП4, провода 484, 420, 483, 567, зажим № 11.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы охлаждения воды и масла дизеля.
2. Показать на схеме цепи управления устройствами охлаждения при автоматическом и ручном режимах.

9.7. ЦЕПИ ПОДАЧИ ПЕСКА

С целью увеличения сцепления на тепловозе предусмотрена подача песка под колесные пары. Управление подачей песка осуществляется включением педали КН «Песок». При этом создаются следующие цепи на катушки клапанов песочниц (см. рис. 148):

при движении «Вперед»: зажимы 14/6, 14/5, 14/4, провод 151, контакты педали КН «Песок», провод 152, зажим 12/5, провод 161, контакты разъема Р6, провод 201, зажим 8/10, провод 153, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые при движении «Вперед», провод 157, катушка КЛП «Вперед», провода 260, 973, 323, 704, резистор 3С, зажим 4/6;

при движении «Назад»: зажимы 14/6, 14/5, 14/4, провод 151, контакты педали КН «Песок», провод 152, зажим 12/5, провод 161, контакты разъема Р6, провод 201, зажим 8/10, провод 153, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые при движении «Назад», провод 156, катушка КЛП «Назад», провода 158, 260, 973, 323, 704, резистор 3С, зажим 4/6.

Контрольные вопросы

1. Назначение системы подачи песка.
2. Показать на схеме цепи управления подачей песка.

9.8. РАБОТА ТЕПЛОВОЗА ПРИ УПРАВЛЕНИИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПУЛЬТА

На тепловозе ТЭМ2 предусмотрено управление с обеих сторон кабины машиниста при работе одним лицом. С этой целью установлен левый и переносной пульты. На левом пульте управления

установлены манометр, показывающий давление в тормозных цилиндрах; кнопки выключения передней и задней автосцепок, переключатель сигнализации местонахождения машиниста. При включении переключателя в положении «Левая» получают питание сигнальные лампы, установленные на торцовых стенках кабины машиниста с левой стороны. При включении переключателя в положении «Правая» зажигаются сигнальные лампы, установленные с правой стороны кабины. Данные лампы сигнализируют о месте нахождения машиниста.

На переносном пульте управления установлены переключатели 2ПП, 2ПР, 2ПТ и кнопки 2КС, 2КП, 2КТ, 2КО. Переключатель 2 ПП имеет два положения: «Большее» и «Меньшее». При нажатии в положении «Большее» получает питание катушка электропневматического вентиля ВВ, который подает воздух в цилиндр набора позиций, и главный барабан контроллера при этом переводится на одну позицию в сторону увеличения.

При нажатии в положении «Меньшее» получает питание катушка электропневматического вентиля ВМ, который подает воздух в цилиндр снижения позиций контроллера, и главный барабан переводится на одну позицию в сторону снижения.

Переключатель 2ПР имеет два положения «Вперед» и «Назад». При нажатии в положении «Вперед» подается питание на катушку электропневматического вентиля ВДВ, который подает воздух в цилиндр привода и реверсивный барабан контроллера переключится в положение «Вперед».

При нажатии в положении «Назад» подается питание на катушку электропневматического вентиля ВДН, который подает воздух в цилиндр привода, который переведет реверсивный барабан контроллера в положение «Назад».

Переключатель 2ПТ имеет два положения: «Тормоз» и «Отпуск». При нажатии в положении «Тормоз» получает питание катушка вентиля торможения ВТ, при нажатии в положении «Отпуск» включается вентиль отпуска ВО.

Кнопка 2КС «Сброс» служит для быстрого перевода контроллера с рабочей позиции в нулевое положение.

Кнопка КП «Песок» служит для включения вентиля КЛП, осуществляющего управление песочницами.

Кнопка 2КО «Стоп», включенная последовательно с катушкой реле РУ12, позволяет остановить дизель с переносного пульта. После остановки дизеля от кнопки «Стоп» необходимо до изменения имеющихся положений штурвала и реверсивной рукоятки контроллера машиниста выключить тумблер В27 «Пуск-остановка дизеля» на основном пульте для отключения аппаратов цепи запуска дизеля.

В целях повышения удобства управления переносной пульт установлен и на правой стороне кабины машиниста, действие переключателей и кнопок которого не отличается от описанного выше.

Цепи катушек электропневматических вентилях:

вентиля ВБ (см. рис. 148): зажим 12/4, провод 709, контакты 1—5 переключателя 2ПП, замкнутые в положении «*Больше*», провод 868, зажим 11/3, провод 718, контакты 6 разъема Р6, провод 711, катушка вентиля ВБ, провода 633, 621, 759, 631, 317, зажим 4/3;

вентиля ВМ: зажим 12/4, провод 709, контакты 2—4 переключателя 2ПП, замкнутые в положении «*Меньше*», провод 869, зажим 11/4, провод 724, контакты 7 разъема Р6, провод 716, катушка вентиля ВМ, провода 621, 759, 631, 317, зажим 4/3;

вентиля ВДВ (см. рис. 150): зажим 11/8, провод 653, контакты 1—3 переключателя 2ПР, замкнутые в положении «*Вперед*», провод 628, зажим 11/10, провод 757, контакты 35 разъема Р6, провод 789, катушка вентиля ВДВ, провода 759, 631, 317, зажим 4/3;

вентиля ВДН: зажим 11/8, провод 653, контакты 2—4 переключателя 2ПР, замкнутые в положении «*Назад*», провод 629, зажим 12/1, провод 758, контакты 43 разъема Р6, провод 788, катушка вентиля ВДН, провода 631, 317, зажим 4/3;

вентиля ВТ (см. рис. 148): зажим 12/4, провод 710, перемычка, провод 708, контакты 1—5 переключателя 2ПТ, замкнутые в положении «*Тормоз*», провод 615, зажим 12/2, провод 756, контакты 15 разъема Р6, провод 787, катушка вентиля ВТ, провода 767, 632, зажим 4/4;

вентиля ВО: зажим 12/4, провод 710, перемычка, провод 708, контакты 2—4 переключателя 2ПТ, замкнутые в положении «*Отпуск*», провод 616, зажим 12/3, провод 755, контакты 18 разъема Р6, провод 778, вентиль ВО, провод 632, зажим 4/4;

вентиля КЛП: зажим 14/5, провод 859, кнопка 2КП, провод 861, зажим 12/5, провод 161, контакты разъема Р6, провод 201, зажим 8/10, провод 753, вспомогательные контакты реверсора, замкнутые в положении «*Вперед*» («*Назад*»), катушка вентиля КЛП «*Вперед*» («*Назад*»);

вентиля ВС: зажим 14/5, провода 859, 748, кнопка КТ2, провод 863, зажим 11/9, провод 650, контакты 34 разъема Р6, провод 643, катушка вентиля ВС, провод 317, зажим 4/3.

Контрольные вопросы

1. Показать на схеме, как осуществляется набор позиций с переносного пульта.
2. Показать на схеме, как осуществляется сброс позиций с переносного пульта.

Производственным объединением «Ворошиловградтепловоз» освоено производство новых тепловозов 2ТЭ121 и 2ТЭ136.

Тепловоз 2ТЭ121. Двухсекционный тепловоз оборудован двумя дизель-генераторами типа 2В-9ДГ мощностью (по дизелям) 5880 кВт.

Электрическая передача мощности переменного-постоянного тока. На каждой секции установлен тяговый агрегат А714, состоящий из синхронного тягового генератора и синхронного вспомогательного генератора. Роторы обоих генераторов расположены на одном валу и имеют общий корпус. Тяговый агрегат соединен с валом дизеля через фланец на корпусе ротора и имеет независимую вентиляцию. Тяговый генератор развивает мощность 2800 кВт, при частоте 100 Гц, его напряжение 580/360 В, ток 1520/2400 А, масса 8200 кг.

Тяговый электродвигатель ЭД-126 постоянного тока с последовательным возбуждением имеет опорно-рамное подвешивание. Вращающий момент его передается на привод оси колесной пары через торсион с диафрагменной резинокордовой и зубчатой муфтами. Вентиляция тягового электродвигателя независимая, его мощность 409 кВт, напряжение 548/725 В, ток 820/620 А, масса 3600 кг.

Тепловоз ТЭ136. Макетный образец тепловоза был изготовлен в 1984 году. Электрическая передача переменного-постоянного тока. Тепловоз оборудован четырехтактным 20-цилиндровым V-образным дизелем, развивающим мощность 4420 кВт. Дизель запускается с помощью электрокомпрессора, нагнетающего воздух до давления 9 МПа. На тепловозе установлен тяговый агрегат А713 У2, состоящий из синхронного генератора и синхронного генератора электро-снабжения. Синхронный тяговый генератор имеет мощность 4080 кВт, частоту 100 Гц, напряжение 770/525 В, ток 1650/2270 А. Тяговые электродвигатели последовательного возбуждения имеют опорно-рамное подвешивание.

Производственным объединением «Коломенский тепловозостроительный завод» освоено серийное производство пассажирских тепловозов ТЭП70. Силовая дизель-генераторная установка 2А-9ДГ состоит из четырехтактного 16-цилиндрового V-образного дизеля 2А-5Д49 мощностью 2944 кВт и тягового генератора переменного тока ГС-501А с независимым возбуждением и принудительной вентиляцией. Мощность тягового генератора 2750 кВт, напряжение 580/360 В, ток $2 \times 1500/2 \times 2400$ А. На тепловозе применена выпрямительная установка типа УВКТ-5.

Впервые в отечественном тепловозостроении на тепловозе ТЭП70 применена система централизованного воздухообеспечения для охлаждения тяговых электродвигателей, тягового генератора и выпрямительной установки.

На последних тепловозах ТЭП70 установлены тяговые электродвигатели ЭД120А и ЭД121А мощностью 413 кВт, напряжением 542/750 В и током 830/600 А, массой 2950 кг. Тяговые электродвигатели имеют опорно-рамное подвешивание. Вращающий момент от тяговых двигателей на ось колесной пары передается через редуктор и полый вал, эластично соединенный с колесной парой.

Односекционный тепловоз ТЭП75 спроектирован и построен производственным объединением «Коломенский тепловозостроительный завод». На тепловозе установлен 20-цилиндровый дизель типа 1Д49 мощностью 4420 кВт, применен тяговый агрегат А713У2. Тяговые электродвигатели постоянного тока типа ЭД127 с последовательным возбуждением мощностью 586 кВт, напряжением 715/980 В и током 890/650 А, массой 3100 кг. Тепловоз ТЭП75 оснащен электродинамическим реостатным тормозом.

На Брянском машиностроительном заводе освоено серийное производство тепловозов ТЭМ2У. Тепловоз оборудован дизель-генератором типа ПДГ-1М мощностью 882 кВт. На нем установлен тяговый генератор ГП-300 БУ постоянного тока с независимым возбуждением и самовентиляцией. Мощность генератора 780 кВт, напряжение 645/870 В, ток 1210/900 А, масса 4800 кг.

Тяговый электродвигатель ЭД-118А постоянного тока с принудительной вентиляцией. Мощность электродвигателя 105 кВт, напряжение 203/290 В, ток 605/424 А, масса 3100 кг.

Людиновским тепловозостроительным заводом освоено производство тепловозов ТЭМ7, предназначенных для выполнения тяжелой, горочной и вывозной работы. На тепловозах установлен 12-цилиндровый дизель типа 2-2Д49 мощностью 1470 кВт.

Электрическая передача переменного тока состоит из синхронного тягового генератора ГС-512 У2, выпрямительной установки УВКТ-8У2 и тяговых электродвигателей ЭД-120 А. Тяговый генератор независимого возбуждения имеет мощность 1470 кВт.

Тяговые электродвигатели постоянного тока типа ЭД-120А с последовательным возбуждением мощностью 135 кВт, напряжением 205/360 В и током 800/456 А. Тяговые электрические машины охлаждаются от системы централизованного воздухообеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вилькевич Б. И. Электрические схемы тепловозов ЗТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60. М.: Транспорт, 1983. 221 с.
- Драчев Г. Г. Аккумуляторы подвижного состава. М.: Транспорт, 1970. 160 с.
- Засорин С. Н., Мицкевич В. А., Кучма К. Г. Электронная и преобразовательная техника. М.: Транспорт, 1981. 319 с.
- Морошкин Б. И. Измерительные приборы магистральных тепловозов. М.: Транспорт, 1975. 72 с.
- Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель-поездам/Под ред. А. И. Тищенко. М.: Транспорт, 1976. Т. I. 423 с. Т. II. 376 с.
- Тепловоз 2ТЭ10Л/В. Р. Степанов, В. А. Береза, В. Е. Верхогляд и др. М.: Транспорт, 1974. 320 с.
- Тепловоз 2ТЭ10В: Руководство по эксплуатации и обслуживанию. М.: Транспорт, 1975. 432 с.
- Тепловоз М62/С. П. Филонов, В. И. Биденко, А. Е. Зибаров и др. М.: Транспорт, 1977. 280 с.
- Тепловоз 2ТЭ116/С. П. Филонов, А. И. Гибалов, И. А. Черноусов и др. М.: Транспорт, 1977. 320 с.
- Тепловоз ТЭМ2: Руководство по эксплуатации и обслуживанию. М.: Транспорт, 1983. 239 с.
- Тепловозы ТЭМ1 и ТЭМ2/П. М. Аронов, В. А. Бажинков, Д. А. Батурин и др.; Под ред. Е. Ф. Сдобинкова. М.: Транспорт. 1978. 278 с.
- Тепловозы СССР: Каталог ЦНИИТЭИТЯЖМАШ. М.: Транспорт, 1983. 181 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. Передачи мощности	3
1.1. Общие сведения	3
1.2. Электрическая передача постоянного тока	5
1.3. Электрическая передача переменного-постоянного тока	12
1.4. Электрическая передача переменного-переменного тока	17
Глава 2. Электрические машины	20
2.1. Общие сведения	20
2.2. Тяговые генераторы постоянного тока	23
2.3. Тяговые генераторы переменного тока	33
2.4. Тяговые электродвигатели	37
2.5. Вспомогательные электрические машины	48
Глава 3. Выпрямительная силовая установка	67
3.1. Принцип работы полупроводникового вентиля	67
3.2. Полупроводниковый вентиль ВЛ-200	71
3.3. Выпрямительная установка УВКТ-5	76
Глава 4. Аккумуляторные батареи	78
4.1. Назначение и принцип работы	78
4.2. Кислотные и щелочные аккумуляторы	80
Глава 5. Электрические аппараты	85
5.1. Общие сведения	85
5.2. Электромагнитные контакторы	90
5.3. Электропневматические контакторы	93
5.4. Реверсоры	96
5.5. Контроллеры машиниста	101
5.6. Реле	108
5.7. Электропневматические вентили	120
5.8. Резисторы	122
5.9. Контрольно-измерительные приборы	126
5.10. Регулятор напряжения ТРН-1	135
Глава 6. Бесконтактные аппараты	140
6.1. Общие сведения о полупроводниковых и магнитных элементах	140
6.2. Бесконтактные регуляторы напряжения	148
6.3. Амплистат возбуждения	155
6.4. Трансформаторы	156
6.5. Бесконтактный тахометрический блок	160
6.6. Индуктивный датчик	161
6.7. Панели и блоки выпрямителей	163
6.8. Блок пуска дизеля	167
6.9. Блок управления	171
Глава 7. Электрические цепи тепловоза 3ТЭ10М (2ТЭ10М)	175
7.1. Общие сведения об электрических схемах тепловозов	175
7.2. Пуск дизеля	176

7.3. Цепь трогания тепловоза (набор 1-й позиции)	183
7.4. Цепи набора позиций на холостом ходу	188
7.5. Цепи возбуждения и регулирования параметров тягового генератора	190
7.6. Цепи регулирования скорости путем ослабления возбуждения тяговых электродвигателей	202
7.7. Комплексное противобоксовочное устройство	205
7.8. Цепи подачи песка	212
7.9. Цепи регулирования температуры воды и масла дизеля	213
Глава 8. Электрические цепи тепловоза 2ТЭ116	216
8.1. Пуск дизеля	216
8.2. Цепи включения возбуждения тягового генератора в режиме холостого хода и тяги	225
8.3. Работа системы возбуждения тягового генератора	233
8.4. Цепи набора позиций	242
8.5. Цепи управления ослаблением возбуждения тяговых электродвигателей	244
8.6. Цепь заряда аккумуляторной батареи	244
8.7. Цепи включения вспомогательных электрических машин	245
8.8. Цепи включения и управления устройствами охлаждения воды и масла дизеля	247
8.9. Вспомогательные цепи	252
8.10. Цепи защиты и сигнализации	253
Глава 9. Электрические цепи тепловоза ТЭМ2	256
9.1. Пуск дизеля	256
9.2. Цепь трогания тепловоза (набор 1-й позиции)	262
9.3. Защита оборудования тепловоза от аварийных режимов	268
9.4. Цепи набора позиций	271
9.5. Регулирование скорости путем ослабления возбуждения тяговых электродвигателей	273
9.6. Регулирование температуры воды и масла дизеля	276
9.7. Цепи подачи песка	280
9.8. Работа тепловоза при управлении с дополнительного пульта	280
Глава 10. Основные технические данные электрического оборудования новых тепловозов	283
Список литературы	285

Учебник

БОРОДИН АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЗОВ

Переplet художника *В. А. Смирнова*
Технический редактор *Т. А. Захарова*
Корректор-вычитчик *Е. А. Котляр*
Корректор *И. А. Попови*
ИБ № 3443

Сдано в набор 04.08.86. Подписано в печать 24.12.87. Т-21981. Формат 60X88¹/₁₆. Бум. офсетная № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 17,64. Усл. кр.-отт. 17,64. Уч.-изд. л. 20,87. Тираж 50 000 экз. Заказ № 1528. Цена 90 коп. Изд. № 1-1-3/1 № 3521

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 101898, Москва, Центр, Хохловский пер., 7.